

PCT

世界知的所有権機関  
国際事務局

特許協力条約に基づいて公開された国際出願



(51) 国際特許分類6

F16F 15/02, H01L 21/027, G03F 7/20

A1

(11) 国際公開番号

WO99/53217

(43) 国際公開日

1999年10月21日(21.10.99)

(21) 国際出願番号

PCT/JP99/01886

(22) 国際出願日

1999年4月9日(09.04.99)

(30) 優先権データ

特願平10/97595

1998年4月9日(09.04.98)

JP

(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)

株式会社 ニコン(NIKON CORPORATION)[JP/JP]

〒100-0005 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo, (JP)

(72) 発明者 ; および

(75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ)

高橋正人(TAKAHASHI, Masato)[JP/JP]

〒100-0005 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号

株式会社 ニコン内 Tokyo, (JP)

(74) 代理人

弁理士 永井冬紀(NAGAI, Fuyuki)

〒100-0013 東京都千代田区霞が関三丁目3番1号 尚友会館  
Tokyo, (JP)

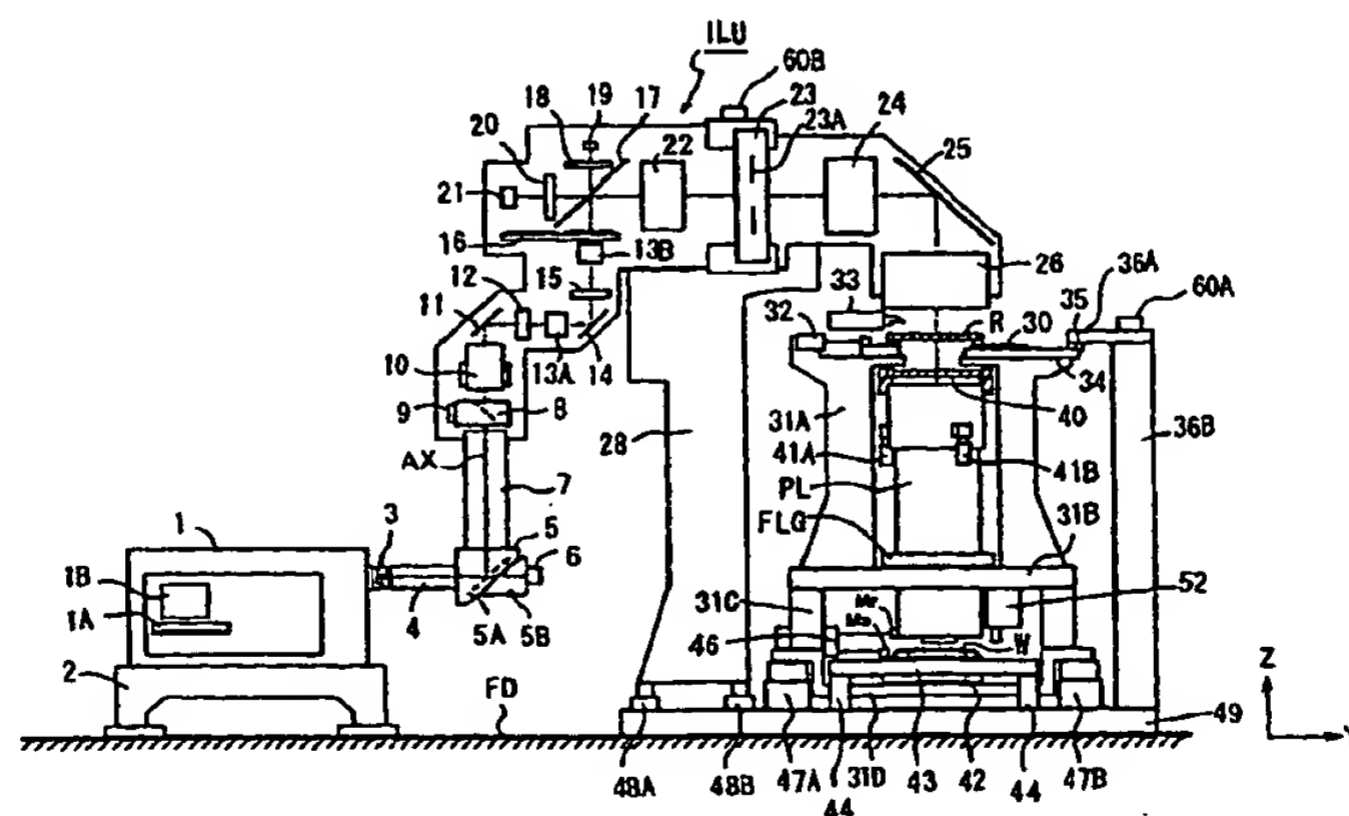
(81) 指定国 AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), ARIPO特許 (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM)

添付公開書類

国際調査報告書

(54) Title: VIBRATION ELIMINATING DEVICE AND EXPOSURE SYSTEM

(54) 発明の名称 除振装置および露光装置



## (57) Abstract

When a drive unit (34) acceleration/deceleration drives a reticle stage (30), a reaction force received by the drive unit (34) is released to the floor (FD) via an actuator (35), a mounting member (36A) and a reaction frame (36B). An acceleration sensor (120) detects vibration occurring at this time in the reaction frame (36B). A vibration elimination control unit (100) determines, in order to offset the vibration of the reaction frame (36B) detected by the acceleration sensor (120), a direction in which a movable unit (102b) to which a weight (104) is fixed is driven and a thrust, and issues a control signal to a driver (121).

BEST AVAILABLE COPY

(57)要約

駆動ユニット 3 4 がレチクルステージ 3 0 を加減速駆動する際に、この駆動ユニット 3 4 が受ける反力をアクチュエータ 3 5、取付け部材 3 6 A、リアクションフレーム 3 6 B を介して床 F D に逃がす。このとき、リアクションフレーム 3 6 B に生じる振動を加速度センサ 1 2 0 が検知する。除振制御部 1 0 0 は、加速度センサ 1 2 0 で検出されたリアクションフレーム 3 6 B の振動を打ち消すため、ウエイト 1 0 4 が固設される可動部 1 0 2 b を駆動する方向および推力を求めてドライバ 1 2 1 に制御信号を発する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AL	アルバニア	EE	エストニア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LK	スリ・ランカ	SG	シンガポール
AU	オーストラリア	FR	フランス	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LS	レソト	SK	スロヴァキア
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BE	ベルギー	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MA	モロッコ	TD	チャード
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MC	モナコ	TG	トゴ
BJ	ベナン	GN	ギニア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BR	ブラジル	GW	ギニア・ビサウ	MG	マダガスカル	TZ	タンザニア
BY	ベラルーシ	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TM	トルクメニスタン
CA	カナダ	HR	クロアチア		共和国	TR	トルコ
CF	中央アフリカ	HU	ハンガリー	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
CG	コンゴ	ID	インドネシア	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
CH	スイス	IE	アイルランド	MR	モーリタニア	UG	ウガンダ
CI	コートジボアール	IL	イスラエル	MW	マラウイ	US	米国
CM	カメルーン	IN	インド	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CN	中国	IS	アイスランド	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NL	オランダ	YU	ユーゴスラビア
CU	キューバ	JP	日本	NO	ノルウェー	ZA	南アフリカ共和国
CY	キプロス	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド	ZW	ジンバブエ
CZ	チェッコ	KG	キルギスタン	PL	ポーランド		
DE	ドイツ	KP	北朝鮮	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク	KR	韓国	RO	ルーマニア		

## 明細書

## 除振装置および露光装置

本出願は以下のものを基礎として、その内容は引用文としてここに組み込まれる。

日本国特許出願 平成 10 年第 9 7 5 9 5 号（平成 10 年 4 月 9 日出願）

## 技術分野

本発明は除振装置および露光装置に係り、更に詳しくは検出された振動に応じて、この振動を打ち消す方向にウエイトを駆動することにより上記振動を減じる除振装置および露光装置に関する。

## 背景技術

ステップ・アンド・リピート方式やステップ・アンド・スキャン方式の露光装置等の精密機器の高精度化に伴い、設置床面から定盤（除振台）に作用する微振動をマイクロ G レベルで絶縁する必要が生じている。このため、除振パッドによって除振台を支持し、設置床面からの振動を隔絶するものが多数提案されている。除振装置の除振台を支持する除振パッドとしては、ダンピング液中に圧縮コイルバネを入れた機械式ダンパや空気式ダンパ等、種々のものが使用されている。特に、空気式ダンパを備えた空気バネ除振装置はバネ定数を小さく設定でき、約 10 Hz 以上の振動を絶縁することから、精密機器の支持に広く用いられている。また、最近では従来のパッシブ除振装置の限界を打破するために、アクティブ除振装置が提案されている（例えば、本願と同一出願人に係る特開平 8 - 1 6 6 0 4 3 号等参照）。これは、除振台の振動をセンサで検出し、このセンサの出力に基づいてアクチュエータを駆動することにより振動制御を行う除振装置であり、低周波制御帯域に共振ピークの無い理想的な振動絶縁効果を持たせることができるものである。

上述したアクティブ除振装置の除振性能をさらに向上させるための一手段とし

てリアクションフレームを用いるものがある。ここでリアクションフレームについて説明する。上述した露光装置の除振台上にはマスクステージや基板ステージが設置される。露光動作中に、マスクステージや基板ステージ（以下、移動ステージと称する）が加速、減速を繰り返すのに伴い、移動ステージから受ける反力により除振台には加振力が作用する。この加振力が除振台に作用するのを防止するために用いられるのがリアクションフレームである。

すなわち、リアクションフレームは露光装置の設置床面に固設されていて、移動ステージの加減速にともなう反力をこのリアクションフレームが受ける。したがって、リアクションフレームに伝達された上記反力は除振台には伝えられることなく、設置床面に伝えられる。これにより、移動ステージの加減速にともなう除振台の揺れを防止することができる。

さらに、上述の露光装置で、照明光学系と露光装置本体部とを別体に設置するものが提案されている（例えば、本願と同一出願人に係る特願平9-310438号等）。これは、ステップ・アンド・スキャン露光装置の走査露光動作中に、レチクルパターンの露光範囲外を遮光するレチクルブラインドが走査露光に同期して動く際に振動を生じ、この振動が露光装置本体部に伝わるのを防止するためのものである。上述のステップ・アンド・スキャン露光装置では、互いに別体に設けられた露光装置本体部および照明光学系のそれぞれをアクティブ除振装置によって支え、両者を相対位置決めしつつ、両者それぞれについて独立して除振を行う。これによれば、上述のように照明光学系で発生する振動が露光装置本体部に伝わるのを防止できるとともに、照明光学系と露光装置本体部との相対位置決め精度を良好に保つことができる。

#### 発明の開示

ところが、移動ステージの位置決め精度の高度化が求められるにつれ、リアクションフレーム自体に生じる振動が無視できなくなってきた。すなわち、移動ステージの加減速にともなう生じる反力をリアクションフレームが受ける。この反力を受けたリアクションフレームには振動を生じる。そして、リアクションフレームの振動が設置床面を経て露光装置本体部に伝わる。

移動ステージの位置決め精度の高度化にともない、上述のようにして露光装置本体部に伝わった振動が無視できなくなる。

また、照明光学系と露光装置本体部とを別体に設置するものにおいて、照明光学系と露光装置との位置決め性能を向上させるため、照明光学系の内部で発生する振動をさらに抑制することが求められている。その理由は、照明光学系内部で生じる振動も、設置床面を介して露光装置本体部に伝わるからである。

さらに、露光装置本体内でステージ等が作動する際に、リアクションフレームで除去しきれずに残る振動が、たとえば投影光学系に不所望の揺れを生じさせる場合がある。この場合、投影光学系の揺れが所定レベルに整定するまで露光動作を行うことができずに露光装置のスループットを低下させることがあった。

上述した振動による問題は、露光装置のみならず、精密工作機械や精密測定装置等でも生じることがある。つまり、精密工作機械や精密測定装置の内部で生じる振動や、外部から伝達される振動が、精密工作機械においては加工精度を、精密測定装置においては測定精度を、それぞれ低下させることがあった。

本発明の第1の目的は、リアクションフレームに生じる振動を抑制して、移動ステージの位置決め精度および露光装置のスループットを向上させることにある。

本発明の第2の目的は、照明光学系に内蔵される可動物が動くことにより生じる振動を抑制して、互いに別体に設けられる露光装置本体部と照明光学系との間の相対位置決め精度を向上させることにある。

本発明の第3の目的は、精密工作機械や精密測定装置等、振動を減じることが求められる装置等に設置可能な除振装置を提供することにある。

上記目的を達成するために、本発明による除振装置は、定盤と；定盤に設置され、定盤上を移動可能な可動物と；可動物が定盤上を移動する際に生じる反力を、定盤の設置床面に伝達することにより逃がす反力伝達部材と；反力伝達部材に生じる振動を検出する振動検出手段と；反力伝達部材に設置され、振動を減じる方向に移動可能なウェイトと；振動検出手段で検出される振動に基づいてウェイトを、振動を減じるように駆動する除振駆動手段とを有する。本発明によれば、除

振台上を移動可能な可動物を駆動する際に生じる反力を反力伝達部材を介して設置床面に伝達する際に、反力伝達部材に生じる振動を検出して、この振動を減じないようにウェイトを駆動することにより、反力伝達部材に生じる振動を短時間のうちに減衰させることができる。これにより、反力伝達部材の振動が除振台に伝わることによって生じる除振台の振動も短時間のうちに抑制することが可能となる。

本発明はまた、マスク基板に形成されたパターンを、投影光学系を介して基板ステージ上の基板に投影する露光装置に適用される。そして、本発明による露光装置は、定盤と；定盤に設置され、定盤上を移動可能な可動物と；可動物が定盤上を移動する際に生じる反力を、定盤の設置床面に伝達することにより逃がす反力伝達部材と；反力伝達部材に生じる振動を検出する振動検出手段と；反力伝達部材に設置され、振動を減じる方向に移動可能なウェイトと；振動検出手段で検出される振動に基づいてウェイトを、振動を減じないように駆動する除振駆動手段とを有するものである。本発明によれば、反力伝達部材の振動が伝わることによって生じる露光装置本体部の不所望の振動を短時間のうちに減衰させることができる。これにより、露光装置のスループットを向上させることが可能となる。

加えて本発明による露光装置は、マスクステージと、基板ステージと、マスクステージに設置されるマスク基板の像を基板ステージに設置される基板に投影する投影光学系とを含む露光装置本体部と；露光装置本体部の設置床面上に、露光装置本体部とは別体に設置され、マスク基板に照明光を照射するための照明ユニットと；照明ユニットに生じる振動を検出する振動検出手段と；照明ユニットに設置され、振動を減じる方向に移動可能なウェイトと；振動検出手段で検出される振動に基づいてウェイトを、上記振動を減じないように駆動する除振駆動手段とを有するものである。本発明によれば、照明ユニットに生じる振動を検出して、この振動を減じないようにウェイトを駆動することにより、不所望の振動を抑制することができる。これにより、照明ユニットと露光装置本体部との間で高い相対位置決め精度を維持することが可能となる。

本発明はまた、除振対象物に設置されて除振対象物に生じる振動の大きさに応じた振動信号を出力する振動検知装置と；除振対象物に対して相対移動可能に設

けられたウエイトと；除振対象物とウエイトとの間に相対運動を生じさせる駆動装置と；ウエイトの位置を検知し、ウエイトの位置に応じた位置信号を出力する位置検知装置とを備える除振装置に適用される。そして、駆動装置は、振動信号に基づいてウエイトの駆動速度を制御する第1の制御ループと、位置情報に基づいてウエイトを所定の位置に移動させる第2の制御ループとに基づいて制御される。本発明によれば、位置検出装置から出力されるウエイトの位置に応じた量の位置信号に基づいてウエイトの位置を所定の位置に移動させる制御ループを有することにより、ウエイトを所定位置に導くようにしながらこのウエイトを駆動することができる。したがって、ウエイトを駆動しているうちにウエイトが所定位置から徐々に離れてしまい、その結果ウエイトが可動範囲外に達してしまう不具合を抑制できる。

本発明による除振装置はまた、第1の制御ループと第2の制御ループとに基づいて駆動装置を制御する制御装置をさらに備え；この制御装置は、振動信号のうち、所定の帯域外の周波数成分の信号強度を低下させる第1の濾波装置と、位置信号のうち、所定の帯域外の周波数成分の信号強度を低下させる第2の濾波装置と、を有し；第1の制御ループを第1の濾波装置で濾波された振動信号に基づいて行い；第2の制御ループを第2の濾波装置で濾波された位置信号に基づいて行うことにより、振動が減じるように駆動装置を制御するものであってもよい。本発明によれば、予め定められた帯域外の周波数信号強度を第1および第2の濾波装置によって減じることにより、除振対象物の振動を減じるのに必要な周波数成分の信号に基づいてウエイトを駆動することができる。このため、本来除去することが適当でない周波数成分の振動を打ち消してしまつて不所望の振動が除振対象物に生じてしまうような不具合が抑制される。

加えて、第2の制御ループは、この第2の制御ループに基づいて駆動装置がウエイトを駆動する際に新たな振動が除振対象物に発生しないように、ウエイトの駆動速度を設定するものであってもよい。このようにすることで、駆動装置がウエイトを駆動する際に不所望の振動が発生するのを抑制できる。

また、本発明による除振装置はウエイトの質量を調整可能とすることもできる。このようにウエイトの質量を調整可能とすることにより、除振対象物に生じる振

動の大きさや、除振対象物の質量に応じてウェイトの質量を調整することができる。

さらに、本発明による除振装置は、駆動装置をリニアモータとすることもできる。駆動装置をリニアモータで構成することにより、たとえば回転モータの起動、加速、減速、停止時に生じる不所望の回転方向の反力（モーメント）の発生を抑制することができるので、除振に際して新たな不所望の振動の発生を抑制できる。

また、本発明による除振装置は、リニアモータが、固定部側にコイルが配置され、可動部側にムービングマグネットとウェイトとが配置されていることが好ましい。このように固定部側にコイルが配置されることにより、コイルに比べて大きな質量を有するムービングマグネットをウェイトとともに駆動できるので、ウェイトの質量を減じることができ、除振装置全体を小型・軽量化することができる。また、固定部側にコイルが配置されることにより、コイルに電力を供給するための導線がたるんだり伸びたりすることがないので、断線等の不具合も生じにくくなる。

さらに、本発明による除振装置は、除振対象物に設置されて除振対象物に生じる振動の大きさに応じた第1の振動信号を出力する第1の振動検知装置と；除振対象物に対して相対移動可能に設けられたウェイトと；ウェイトに設置されてこのウェイトに生じる振動の大きさに応じた第2の振動信号を出力する第2の振動検知装置と；除振対象物とウェイトとの間に相対運動を生じさせる駆動力を発生する駆動装置とを備え；駆動装置は、第1の振動信号と第2の振動信号とに基づいて制御される。本発明によれば、第1の振動検知装置から出力される第1の振動信号と、第2の振動検知装置から出力される第2の振動信号とを用いて、ウェイトを含む振動系と除振対象物を含む振動系との間の振動の連成を所定の状態に維持することができる。このため、振動のピーク値を低減させることができ、これにより、振動を早期に整定させることが可能となる。

本発明による除振装置は、除振対象物とウェイトとの間に、駆動装置と等価的に並列に接続された弾性部材をさらに備えるものであってもよい。このように駆動装置と等価的に並列に接続された弾性部材をさらに備えることによってもウェイトを含む振動系と除振対象物を含む振動系との間の振動の連成を所定の状態に

維持することができる。このため、振動のピーク値を低減させることができ、これにより、振動を早期に整定させることが可能となる。

さらにまた、本発明は除振対象物に生じる振動を減じる除振装置であり；除振対象物に生じる振動の大きさに応じた振動信号を出力する振動検知装置と；振動信号に基づいて振動を減じさせる駆動力を発生する駆動装置と；振動検知装置とウエイトとを支持する支持部材と；支持部材を除振対象物に着脱可能に取り付けるための取付け装置とを備えるものである。このような構成によれば、除振装置の除振対象物へ取り付け・取り外しが容易となる。

加えて本発明に係る除振装置は、支持部材が、振動検知装置と駆動装置とを内部に收容するケーシング部材であってもよい。このように、支持部材を振動検知装置と駆動装置とを内部に收容するケーシング部材とすることにより、除振装置の小型化およびユニット化が容易となり、除振装置を制振対象物に容易に着脱することができる。

加えて本発明は、基板ステージ上に載置された基板に所定のイメージを形成する露光装置に適用され、上述した除振装置のいずれかを備えるものである。このような露光装置によれば、露光装置に生じる振動を早期に整定させることが可能となる。その結果、露光装置のスループット向上させることができる。加えて、露光動作中の振動を減じることにも可能で、基板に形成されるパターンの精度を向上させることができる。

#### 図面の簡単な説明

F I G. 1 は、本発明に係る除振装置を露光装置に適用した例を示す図である。

F I G. 2 A は、除振装置の全体の構成を示すブロック図であり、F I G. 2 B は除振制御部の内部構成を示すブロック図である。

F I G. 3 A は、移動ステージ加減速時にリアクションフレームに作用する反力（加振力）の時間変化を示す図であり、F I G. 3 B はこの反力によって生じる振動を減衰させるためのウエイトの動きを示す図である。

F I G. 4 A は、除振装置によってリアクションフレームの振動が減衰される様子を説明する図であり、F I G. 4 B は除振制御を行わない場合の様子を示す

図である。

FIG. 5は、本発明に係る除振装置を、FIG. 1に示す露光装置とは異なる露光装置に適用した例を示す図である。

FIG. 6は、投影光学系に除振装置を取り付ける例を説明する図である。

FIG. 7Aは、ユニット化された除振装置の内部構成を示す断面図であり、FIG. 7Bはこの除振装置を別の断面で示す図である。

FIG. 8Aは、除振制御回路の全体を説明するブロック図であり、FIG. 8BおよびFIG. 8Cはフィルタの内部構成を説明する図である。

FIG. 9は、本発明に係る除振装置を有する露光装置の投影レンズのイナータンスを示す図である。

FIG. 10は、従来の技術に係る露光装置の投影レンズのイナータンスを示す図である。

FIG. 11Aは、本発明に係る除振装置を有する露光装置の投影レンズの振動スペクトルを示す図であり、FIG. 11Bは本発明に係る除振装置を有する露光装置の投影レンズに生じる振動の過渡特性を示す図である。

FIG. 12Aは、従来の技術に係る露光装置の投影レンズの振動スペクトルを示す図であり、FIG. 12Bは、従来の技術に係る露光装置の投影レンズに生じる振動の過渡特性を示す図である。

FIG. 13は、ユニット化された除振装置の別の例を示す図である。

FIG. 14Aは本発明に係る除振装置を、重力方向の振動を抑制するために用いる例を説明する図であり、FIG. 14Bはステータの構成および永久磁石がステータに対して相対移動する様子を説明する図である。

FIG. 15Aは本発明に係る除振装置を、重力方向の振動を抑制するために用いる別の例を説明する図であり、FIG. 15Bは除振装置を等価振動モデルで表した図であり、FIG. 15Cは、FIG. 15Aに示される除振装置とともに用いられる除振制御回路の構成を示すブロック図である。

FIG. 16は、本発明に係る除振装置が露光装置に設置される様子を説明する図である。

## 発明を実施するための最良の形態

## － 第 1 の実施の形態 －

## － 投影露光装置の全体構成 －

まず本発明の実施に好適な投影露光装置の全体構成を F I G. 1 を参照して説明する。F I G. 1 は、波長 192 ～ 194 nm の間で酸素の吸収帯を避けるように狭帯化された A r F エキシマレーザ光源 1 を用い、レチクル等のマスク（以下、レチクル R と称する）の回路パターンを、投影光学系 P L を通して半導体ウエハなどの基板（以下、ウエハ W と称する）上に投影しつつ、レチクル R とウエハ W とを相対走査するステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置の構成を示す。

## － エキシマレーザ光源 －

F I G. 1 において、A r F エキシマレーザ光源 1 の本体は防振台 2 を介して半導体製造工場のクリーンルーム内（場合によってはクリーンルーム外）の床 F D 上に設置される。そしてレーザ光源 1 本体には、キーボードやタッチパネル等の入力ユニットを含む専用の光源制御系 1 A とディスプレイ 1 B とが設けられ、レーザ光源 1 から射出されるパルス光の発振中心波長の制御、パルス発振のトリガ制御、レーザチャンバー内のガスの制御等が自動的に行われる。

## － 照明ユニット －

A r F エキシマレーザ光源 1 から射出する狭帯化された紫外パルス光は、遮光性のベローズ 3 とパイプ 4 とを通り、露光装置本体部との間での光路を位置的にマッチングさせるビームマッチングユニット（以下、B M U と称する）5 内の可動ミラー 5 A で反射され、遮光性のパイプ 7 を介して光量検出用のビームスプリッタ 8 に達し、ここで大部分の光量が透過し、わずかな部分（例えば 1 % 程度）が光量検出器 9 の方に反射される。

ビームスプリッタ 8 を透過した紫外パルス光は、ビームの断面形状を整形するとともに紫外パルス光の強度を調整する可変減光系 10 に入射する。この可変減光系 10 は駆動モータを含み、F I G. 1 では不図示の主制御系からの指令に応じて紫外パルス光の減光率を段階的または無段階に調整する。

また可動ミラー 5 A は、アクチュエータ 5 B によって 2 次元に反射面の方向が

調整されるが、ここではレーザ光源 1 に内蔵された可視レーザ光源（半導体レーザ、He-Neレーザ等）から紫外パルス光と同軸に射出される位置モニター用のビームを受光する検出器 6 からの信号に基づいてアクチュエータ 5 B がフィードバック、又はフィードフォワード制御される。

そのために可動ミラー 5 A は、位置モニター用のビームの波長に対して透過率が高く、紫外パルス光の波長に対して高い反射率を有するように作られ、検出器 6 は可動ミラー 5 A を透過してきた位置モニター用のビームの受光位置の変化を光電的に検出するような 4 分割センサ、CCD 撮像素子等で構成される。尚、可動ミラー 5 A を傾斜させるアクチュエータ 5 B の駆動は、検出器 6 からの信号の代わりに露光装置本体部の床 F D に対する振動を別途検出する加速度センサや位置センサからの信号に応答して行ってもよい。

さて可変減光系 1 0 を通った紫外パルス光は、所定の光軸 A X に沿って配置される固定ミラー 1 1、集光レンズ 1 2、オプティカルインテグレータとしての第 1 フライアイレンズ 1 3 A、可干渉性を低減するための振動ミラー 1 4、集光レンズ 1 5、第 2 フライアイレンズ 1 3 B、光源像の分布を切替えるための交換可能な空間フィルター 1 6、ビームスプリッタ 1 7、第 1 結像レンズ系 2 2、レチクル R 上の照明範囲を矩形スリット状に整形する視野絞り開口 2 3 A を含むレチクルブラインド機構 2 3、第 2 結像レンズ系 2 4、反射ミラー 2 5、及び主コンデンサーレンズ系 2 6 からなる照明ユニット I L U を通してレチクル R に照射される。

さらに上記の空間フィルター 1 6 から射出してビームスプリッタ 1 7 を透過した数 % 程度の紫外パルス光は、集光レンズと拡散板を含む光学系 1 8 を介して光電検出器 1 9 に受光される。本実施の形態の場合、基本的には光電検出器 1 9 からの光電検出信号を露光量制御用の処理回路で演算処理して走査露光時の露光条件が決定される。

また F I G. 1 中のビームスプリッタ 1 7 の左側に配置された集光レンズ系 2 0 と光電検出器 2 1 は、ウエハ W に照射される露光用照明光の反射光を投影光学系 P L から主コンデンサーレンズ 2 6 を介して光量として光電検出するものであり、その光電信号に基づいてウエハ W の反射率が検出される。

以上の構成において、第1フライアイレンズ13Aの入射面、第2フライアイレンズ13Bの入射面、レチクルブラインド機構23の開口23Aの面、レチクルRのパターン面は、光学的に互いに共役に設定され、第1フライアイレンズ13Aの射出面側に形成される光源面、第2フライアイレンズ13Bの射出面側に形成される光源面、投影光学系PLのフーリエ変換面（射出瞳面）は光学的に互いに共役に設定され、ケーラー照明系となっている。従ってレチクルブラインド機構23内の視野絞り開口23Aの面とレチクルRのパターン面とで、紫外パルス光は一様な強度分布の照明光に変換される。

上述の照明ユニットILUは、外気に対して気密状態にする照明系ハウジング（不図示）内に設けられ、その照明系ハウジングは露光装置本体部を床FD上に設置するためのベースフレーム49に立設された支持コラム28上に設置される。この支持コラム28の基部とベースフレーム49との間には、照明ユニットILUと露光装置本体部との間での相対位置決めを行うとともに床FDからの振動を隔絶することを目的とした防振ユニット48A～48D（FIG. 1において紙面奥側に配設される防振ユニット48C、48Dは図示せず）が介装される。また、照明系ハウジング内は、空気（酸素）の含有濃度を数%以下、望ましくは1%未満にしたクリーンな乾燥窒素ガスやヘリウムガスが充填される。

#### ーレチクルブラインドー

レチクルブラインド機構23内の視野絞り開口23Aは、本実施例では例えば特開平4-196513号公報に開示されているように、投影光学系PLの円形視野内の中央で走査露光方向と直交した方向に延在する直線スリット状または矩形状に配置される。さらにレチクルブラインド機構23内には、視野絞り開口23AによるレチクルR上での照明視野領域の走査露光方向の幅を可変とするための可動ブラインドが設けられ、この可動ブラインドによって特開平4-196513号公報に開示されているように、レチクルRの走査移動時のストロークの低減、レチクルR上の遮光帯の幅の低減を図っている。

こうしてレチクルブラインド機構23の照明視野絞り開口23Aで一様な強度分布とされた紫外パルス照明光は、結像レンズ系24と反射ミラー25を介して主コンデンサーレンズ系26に入射し、レチクルR上の回路パターン領域の一部

を開口 2 3 A のスリット状または矩形状の開口部と相似な形状となつて一様に照射する。

#### －レチクルステージ－

レチクル R はレチクルステージ 3 0 上に吸着固定される。レチクルステージ 3 0 の位置はレーザ干渉計 3 2 によってリアルタイムに計測されつつ、リニアモータ等を含む駆動ユニット 3 4 によって走査露光時に F I G. 1 の左右方向（Y 軸方向）に所定の速度  $V_r$  で移動される。尚、レーザ干渉計 3 2 は、レチクルステージ 3 0 の走査方向（Y 軸方向）の位置変位の他に非走査方向（X 軸方向）の位置変位と回転変位とをリアルタイムに計測し、駆動ユニット 3 4 の駆動モータ（リニアモータやボイスコイルモータ等）は走査露光時に計測されるそれらの位置変位と回転変位とが所定の状態に保たれるようにステージ 3 0 を駆動する。

#### －リアクションフレーム－

上述のレチクルステージ 3 0、レーザ干渉計 3 2 および駆動ユニット 3 4（リニアモータの固定子側）は露光装置本体部の支持コラム 3 1 A の上方に取り付けられる。支持コラム 3 1 A の上端部にはまた、レチクルステージ 3 0 の走査移動時の加速期間中、または減速期間中に生じる走査方向の反力を吸収するためのアクチュエータ 3 5 が設けられる。このアクチュエータ 3 5 の固定子側は、取付け部材 3 6 A を介してベースフレーム 4 9 の縁端部近くに立設されるリアクションフレーム 3 6 B に固定される。

#### －投影光学系－

レチクル R が紫外パルス照明光で照射されると、レチクル R の回路パターンの照射部分の透過光が投影光学系 P L に入射し、その回路パターンの部分像が紫外パルス照明光の各パルス照射のたびに投影光学系 P L の像面側の円形視野の中央にスリット状または矩形状（多角形）に制限されて結像される。そして投影された回路パターンの部分像は、投影光学系 P L の結像面に配置されたウエハ W 上の複数のショット領域のうちの 1 つのショット領域表面のレジスト層に転写される。

投影光学系 P L のレチクル R 側には、走査露光時に発生するダイナミックな歪曲収差、特にランダムなディストーション特性を低減するための像歪み補正板（石

英板) 40が配置される。この補正板40は、その表面を局所的に波長オーダーで研磨加工し、投影視野内における部分的な結像光束の主光線を微小に偏向させるものである。

投影光学系PLには、内部の特定のレンズ素子を光軸方向に平行移動させたり、微小傾斜させたりすることで、結像特性(投影倍率やある種のディストーション)を、露光すべきウエハW上のショット領域の歪み状態の検出結果、投影光路内の媒体(光学素子や充填される気体)の温度変化の検出結果、大気圧変化による投影光学系PL内の内圧変化の検出結果に基づいて自動調整するためのアクチュエータ41A、41Bが設けられている。

なお投影光学系PLは、本実施例では屈折光学素子(石英レンズと蛍石レンズ)のみで構成され、物体面(レチクルR)側と像面(ウエハW)側とが共にテレセントリックな系になっている。

#### －ウエハステージ－

ウエハWは投影光学系PLの像面と平行なXY平面に沿って2次元移動するウエハステージ42上に吸着固定され、このウエハステージ42の位置は投影光学系PLの鏡筒下端に固定された基準鏡Mrを基準としてウエハステージ42の一部に固定された移動鏡Msの位置変化を計測するレーザ干渉計46によってリアルタイムに計測される。その計測結果に基づいてウエハステージ42は複数個のリニアモータを含む駆動ユニット43によって、ステージベース板31D上を2次元移動される。

#### －支持フレーム－

駆動ユニット43を構成するリニアモータの固定子は、ベース板31Dから独立した支持フレーム44を介してベースフレーム49上に取り付けられ、ウエハステージ42の移動加速時や減速時に発生する反力をベース板31Dではなく床FDに直接伝えるようになっている。このため走査露光時のウエハステージ42の移動に伴う反力が露光装置本体部に加えられることがなく、露光装置本体部に生じる振動や応力が低減される。

尚、ウエハステージ42は走査露光時にFIG. 1の左右方向(Y軸方向)に速度Vwで等速駆動される。ウエハステージ42はまた、一つのダイ上での走査

露光を終えて、次の走査露光の対象となるダイを投影光学系 P L の投影領域に移動する際に X、Y 軸方向にステップ移動される。そしてレーザ干渉計 4 6 は、ウエハステージ 4 2 の Y 軸方向の位置変位の他に X 軸方向の位置変位と回転変位とをリアルタイムに計測する。この計測結果に基づき、駆動ユニット 4 3 の駆動モータによりステージ 4 2 の位置変位が所定の状態になるように駆動される。

またレーザ干渉計 4 6 によって計測されたウエハステージ 4 2 の回転変位の情報は、主制御系を介してレチクルステージ 3 0 の駆動ユニット 4 3 にリアルタイムに送られ、そのウエハ側の回転変位の誤差がレチクル R 側の回転制御で補償するように制御される。

#### －防振ユニット－

さて、ステージベース板 3 1 D の 4 隅はアクチュエータを含む防振ユニット 4 7 A ~ 4 7 D ( F I G. 1 において紙面奥側に配設される防振ユニット 4 7 C、4 7 D は図示せず) を介してベースフレーム 4 9 上に支持され、各防振ユニット 4 7 A ~ 4 7 B の上にはそれぞれ支柱 3 1 C が立設され、その上には投影光学系 P L の鏡筒外壁に固定されたフランジ F L G を固定する定盤 3 1 B が設けられ、さらに定盤 3 1 B の上に上記の支持コラム 3 1 A が取り付けられている。

以上のように構成される防振ユニット 4 7 A ~ 4 7 D の各々は、後述する制御系により制御される。すなわち、制御系は露光装置本体部の床 F D に対する姿勢変化をモニターする姿勢検出センサからの信号に応答して防振ユニット 4 7 A ~ 4 7 D を個々に制御する。制御系はまた、レチクルステージ 3 0、ウエハステージ 4 2 の移動量に応じてフィードフォワード制御により防振ユニット 4 7 A ~ 4 7 D を個々に制御する。こうして、露光装置本体部の姿勢はレチクルステージ 3 0、ウエハステージ 4 2 の移動に伴う重心変化に拘わらず常に安定して保たれる。

#### －制御系－

F I G. 1 中には示していないが、露光装置本体部の各駆動ユニットやアクチュエータ類は主制御系によって統括的に制御される。主制御系は個々の駆動ユニットやアクチュエータをそれぞれ制御するユニット制御器を有する。これらのユニット制御器の中で代表的なものは、レチクル側制御器とウエハ側制御器である。レチクル側制御器は、レチクルステージ 3 0 の移動位置、移動速度、移動加速度、

位置オフセット等の各種情報を管理する。そしてウエハ側制御器は、ウエハステージ42の移動位置、移動速度、移動加速度、位置オフセット等の各種情報を管理する。

主制御系は、特に走査露光時にレチクルステージ30のY軸方向の移動速度 $V_r$ とウエハステージ42のY軸方向の移動速度 $V_w$ とが投影光学系PLの投影倍率(1/5倍或いは1/4倍)に応じた速度比に維持されるようにレチクル側制御器とウエハ側制御器とを同期制御する。

また主制御系は、上述のレチクルブラインド機構23内に設けられている可動ブラインドの各ブレードの移動を走査露光時のレチクルステージ30の移動と同期制御するための指令を送出する。さらに主制御系は、ウエハW上のショット領域を適正露光量(目標露光量)で走査露光するための各種の露光条件を設定するとともに、エキシマレーザ光源1の光源制御系1Aと可変減光系10とを制御する露光用制御器とも連携して最適な露光シーケンスを実行する。

#### ーレチクルアライメント系、ウエハアライメント系ー

以上の構成の他に、本実施例ではレチクルRの初期位置をアライメントするためのレチクルアライメント系33がレチクルRと主コンデンサーレンズ系26との間の照明光路外に設けられ、レチクルR上の遮光帯で囲まれた回路パターン領域の外側に形成されたマークを光電的に検出する。また定盤31Bの下側にはウエハW上の各ショット領域毎に形成されたアライメントマークを光電的に検出するためのオフ・アクシス方式のウエハアライメント系52が設けられる。

#### ー除振ユニットー

リアクションフレーム36Bおよび照明ユニットILUには、それぞれ除振ユニット60Aおよび60Bが設置される。これらの除振ユニット60Aおよび60Bはアクティブ除振装置であり、後述するように除振ユニット60Aはリアクションフレーム36Bに生じる振動を抑制する一方、除振ユニット60Bは支持コラム28によって支持される照明ユニットILUに生じる振動を抑制する。

この除振ユニット60A、60Bの構成についてFIG. 2AおよびFIG. 2Bを参照して説明する。なお、FIG. 2Aにおいては除振ユニット60Aの構成のみを示しているが、除振ユニット60Bの構成も除振ユニット60Aの構

成と同様であるのでその図示および説明を省略する。

FIG. 2Aに示されるように、除振ユニット60Aは除振制御部100、加速度センサ120、位置センサ122、ドライバ121、ウエイト駆動ユニット102、そしてウエイト104を有する。ウエイト駆動ユニット102は、リアクションフレーム36Bの上をコロ102Cによって支持される可動部102b、リアクションフレーム36Bに固設されるステータ102aを有する。可動部102bにはウエイト104が固設される。そして、可動部102bの質量とウエイト104の質量との合計が所定の質量 $m_2$ となるようにウエイト104の重量は調節される。可動部102bにはリニアモータが内蔵されており、ドライバ121より供給される電流により、ステータ102aとの間に生じる磁力によって可動部102bは図のY軸方向に駆動可能となっている。つまり、ステータ102aと可動部102bとの間には相対運動が発生する。この場合、総質量 $m_2$ の可動部102bに加速度 $\alpha$ を生じさせる際に、その反力 $R (=m_2 \times \alpha)$ がステータ102aを介してリアクションフレーム36Bに作用し、これがリアクションフレーム36Bに対する除振力すなわち振動低減力となる。

FIG. 2Bを参照して除振制御部100について説明する。除振制御部100は、フィルタ106、積分器103、減算器124、コントローラ105、111、そしてアンプ（反転増幅器）112を有する。この除振制御部100は、CPUで構成されるものであってもよいし、あるいはロジック回路やアナログ回路で構成されるものであってもよい。

加速度センサ120で検出されるリアクションフレーム36Bの振動のうち、除振したいモードの振動に関する信号がフィルタ106で弁別される。このフィルタ106としては、たとえば2次のバンドパスフィルタが用いられる。フィルタ106からの出力は積分器103で積分されてリアクションフレーム36Bの速度に関する信号に変換される。

一方、位置センサ122より出力される可動部102bの位置に関する信号はコントローラ111に入力される。コントローラ111としては、例えばPID補償器などを用いることができる。位置センサ122およびコントローラ111は、可動部102bが中央位置からずれてゆく（ドリフトする）のを防止するた

めのものである。つまり、可動部 102b の位置が、FIG. 2A で示した +Y あるいは -Y の方向にずれているときに、コントローラ 111 は可動部 102b を 0 の位置に戻すように速度指令値を出力する。このとき、コントローラ 111 の位置制御応答を高くすると、可動部 102b を中央位置に戻す際の実速度が増し、逆にリアクションフレーム 36B を加振してしまう。したがってコントローラ 111 の位置制御応答は比較的 low に設定することが望ましい。

積分器 103 およびコントローラ 111 からの出力は、減算器 124 に入力される。そして、積分器 103 からの出力とコントローラ 111 からの出力との差はコントローラ 105 に入力される。コントローラ 105 は、減算器 124 からの信号の入力結果に基づいて可動部 102b で生じるべき推力を演算し、この推力に応じた指令値を出力する。

コントローラ 105 から出力される指令値は、反転増幅器 112 によりマイナス 1 のゲインが与えられ、そしてドライバ 121 に入力される。この結果、ドライバ 121 からウエイト駆動ユニット 102 に対し、加速度センサ 120 で検出される振動を打ち消す方向の推力を発生するための電力が供給される。なお、FIG. 2B の構成において、反転増幅器 112 を設けずにコントローラ 105 の出力を直接ドライバ 121 に入力させることで振動を打ち消すように構成してもよい。

以上に説明した除振ユニット 60A によるリアクションフレームの振動抑制効果について FIG. 3A、FIG. 3B、FIG. 4A および FIG. 4B を参照して説明する。FIG. 3A は、移動ステージが加減速する際の反力が FIG. 2A に示されるリアクションフレーム 36B に作用する様子を示しており、縦軸にリアクションフレーム 36B に対して ±Y 方向に作用する加振力を、横軸に時間をとっている。FIG. 3B は、リアクションフレーム 36B の振動を抑制するために FIG. 2A に示される可動部 102b が駆動される様子を示しており、縦軸に可動部 102b の移動ストロークを、横軸に時間をとっている。なお、FIG. 3A、FIG. 3B は同じタイムスケールをとっている。

FIG. 3A に示すようにリアクションフレーム 36B に加振力が作用するとリアクションフレーム 36B には振動が生じる。除振制御部 100 は、加速度セン

サ 1 2 0 で検出されるリアクションフレーム 3 6 B の振動に基づき、F I G. 3 B に示すように可動部 1 0 2 b を駆動する。これにより、合計質量  $m_2$  の可動部 1 0 2 b およびカウンウエイトが加減速動をする際に生じる反力がステータ 1 0 2 a を介してリアクションフレーム 3 6 B に伝達される。その結果、リアクションフレーム 3 6 B に生じる振動が短時間のうちに減衰する。このときの様子を説明するのが F I G. 4 A および F I G. 4 B であり、F I G. 4 A が除振制御を行った場合、そして F I G. 4 B が除振制御を行わない場合におけるリアクションフレーム 3 6 B の振動を示す。F I G. 4 A、F I G. 4 B とも、横軸には同じタイムスケールで時間を取り、縦軸には同じスケールで加速度をとっている。

F I G. 4 A に示すように、リアクションフレーム 3 6 B に生じる振動が短時間のうちに減衰することにより、ベースフレーム 4 9 を介してリアクションフレーム 3 6 B の振動が露光装置本体部に伝わって移動ステージの位置決め精度を低下させてしまう時間も短縮される。これにより、露光装置のスループットを向上させることが可能となる。

以上の説明において、リアクションフレーム 3 6 B は F I G. 1 の移動ステージが Y 軸方向に生じる反力を受けるものであり、したがって除振ユニット 6 0 A も、リアクションフレーム 3 6 B の Y 軸方向の振動のみを減衰させるものであった。以上の例に加えて、移動ステージが F I G. 1 の紙面直角方向（X 軸方向）にも移動するものであれば、同様の構成を X 軸方向に適用することができる。

さらに、F I G. 1 において支持コラム 2 8 で支持される照明ユニット I L U で、レチクルブラインド機構 2 3 が作動する際に生じる振動を、除振ユニット 6 0 B を用いて上述したのと同様の方法によって短時間のうちに減衰させることが可能である。また、必要に応じて上述したのと同様の除振ユニットを支持フレーム 4 4 に設置してもよい。

以上の実施の形態の説明において、F I G. 1 に示す露光装置は、露光装置本体部と照明ユニット I L U とが別体に設置されるものであったが、これら露光装置本体部および照明ユニット I L U を一体に設置するものであってもよい。この例について F I G. 5 を参照して説明する。なお、F I G. 5 において、F I G. 1 の露光装置と同様の構成要素には同じ符号を付してその説明を省略し、以下で

はFIG. 1のものとの差異を中心に説明する。

FIG. 5において、露光装置本体部および照明ユニットILUは支持コラム28Bにより一体に支持される。支持コラム28Bとベースフレーム49との間にはアクチュエータを含む防振ユニット47A～47D（FIG. 5において紙面奥側に配設される防振ユニット47C、47Dは図示せず）が介装される。支持コラム28Bには投影光学系PLの鏡筒外壁に固定されたフランジFLGを固定する定盤31Bが設けられ、さらに定盤31Bの上に支持コラム31Aが取り付けられている。そして支持コラム31Aの上方に駆動ユニット34およびレチクルステージ30が設置される。

定盤31Bの下部には、下フレーム31Eが吊支される。下フレーム31Eの上には、駆動ユニット34Aおよびウェハステージ42が設置される。

以上のように構成される露光装置において、防振ユニット47A～47Dの各々は、FIG. 1を参照して説明したのと同様に制御系により制御される。

ベースフレーム49には、リアクションフレーム36Bおよび36Eが立設される。そしてリアクションフレーム36Bの上方にはアクチュエータ35が設置されるとともに除振ユニット60Aが設置される。また、リアクションフレーム36Eの上方にはアクチュエータ35Aが設置されるとともに除振ユニット60Cが設置される。

上述のアクチュエータ35、35AはいずれもFIG. 1を参照して説明したのと同様に、駆動ユニット34がレチクルステージ30を、そして駆動ユニット34Aがウェハステージ42を加減速駆動する際にこれら駆動ユニット34、34Aに生じる反力を吸収するためのものである。そして、それぞれのアクチュエータの固定子が取付け部材36A、36Dを介してリアクションフレーム36B、36Eに固定される。

以上のようにリアクションフレーム36B、36Eが駆動ユニット34、34Aに生じる反力を床面FDに逃がす際、リアクションフレーム36B、36Eに生じる振動は除振ユニット60A、60Cによって短時間のうちに減衰される。これにより、FIG. 1に示す露光装置と同様、スループットを向上させることが可能となる。

なお、F I G. 5 に示す露光装置においても、移動ステージはY軸方向のみならず、F I G. 5 の紙面直角方向（X軸方向）に移動するものである。したがって、上述したのと同様の構成をX軸方向に適用することもできる。

また、以上の実施の形態の説明においては、除振装置をステップ・アンド・スキャン方式の露光装置に適用した場合について説明したが、ステップ・アンド・リピート式の露光装置や、荷電粒子線投影装置に適用することも可能である。

以上に説明した除振ユニットにおいて、F I G. 2 に示す除振制御部 1 0 0 は、加速度センサ 2 0 で検出されたリアクションフレーム 3 6 B の振動を減衰させるように可動部 1 0 2 b を駆動するための制御信号をドライバ 1 2 1 に出力するものであった。つまり、リアクションフレーム 3 6 B で生じる振動の検出結果に基づき、可動部 1 0 2 b の動作を制御するフィードバックループを形成していたが、フィードフォワード方式により可動部 1 0 2 b の制御を行うものであってもよい。すなわち、レチクルステージ 3 0 やウェハステージ 4 2 を駆動する際の、予定加速度、あるいは予定減速度に応じて可動部 1 0 2 b の動作を制御するものであってもよい。あるいはこれらのフィードバック、フィードフォワード制御を併用するものであってもよい。

## － 第 2 の実施の形態 －

露光装置の要部を概略的に示す F I G. 6 において、定盤 7 2 の 4 隅はそれぞれ防振ユニット 7 1 A ～ 7 1 D （但し、紙面奥にある防振ユニット 7 1 C および 7 1 D は図示せず）を介してベースフレーム 7 0 上に設置される。定盤 7 2 の下部に吊られる下フレーム 7 2 a には基板ステージ 7 3 が設置される。基板 7 3 上にはウェハ W が載置される。

定盤 7 2 には、スペーサ S P C、フランジ F L G を介して投影光学系 P L が固定される。投影光学系 P L の上部にはつば状の部材 6 7 が固定され、この部材 6 7 上に除振ユニット 6 5 が固定される。

上記露光装置において、以上に説明した部分の他は F I G. 1 に示される露光装置と同様の構成であるのでその図示および説明を省略する。

F I G. 6 に示される露光装置において、基板ステージ 7 3 の加減速動作等に

より定盤 7 2 に振動を生じた場合について説明する。この振動が比較的低周波のものである場合、投影光学系 P L、定盤 7 2、下フレーム 7 2 a 等は一体に揺れる。以下では、防振ユニット 7 1 A ~ 7 1 D で支持されている部分が一体になって揺れることを剛体モードの振動と称する。剛体モードの振動が生じている間は、投影光学系 P L とウエハ W との相対位置関係は一定に保たれる。したがって、剛体モードの振動がウエハ W に形成されるパターンの精度に及ぼす影響は僅かである。

これに対し、上記振動が比較的高周波のものである場合、投影光学系 P L には F I G. 6 中に矢印 A で示すように定盤 7 2 に対して相対的な揺れを生じる。このような揺れを生じると、投影光学系 P L とウエハ W との相対位置が変化する。以下では、防振ユニット 7 1 A ~ 7 1 D で支持されている部分内で相対変位を生じる振動を弾性モードの振動と称する。弾性モードの振動が生じている間は、ウエハ W に形成されるパターンの精度に及ぼす影響が無視できなくなる。

除振装置 6 5 は、投影光学系 P L に生じる弾性モードの振動を抑制するために設置される。

F I G. 7 A および F I G. 7 B を参照して除振装置 6 5 の内部構成について説明する。F I G. 7 A は、F I G. 7 B における断面 A - A を示し、F I G. 7 B は、F I G. 7 A における断面 B - B を示す。除振装置 6 5 は、カバー 6 6 により覆われており、カバー 6 6 の底部に設けられる穴 6 6 h を貫通するボルトにより F I G. 6 に示される部材 6 7 に取り付けられる。

F I G. 7 A において、カバー 6 6 の内部にはステータ 6 9 と一対の直動ガイド 7 9 が固定される。これらの直動ガイド 7 9 に保持されるムービングマグネット 6 8 は、ステータ 6 9 に対して紙面直角方向に相対移動可能である。ムービングマグネット 6 8 の下部にはウエイト 7 5 が二つ取り付けられている。このウエイト 7 5 の取り付け数量は増減可能となっている。すなわち、除振装置 6 5 は汎用性を有するものであり、除振対象物の質量や慣性モーメント等に応じ、ムービングマグネット 6 8 を所定の加速度で動かしたときにステータ 6 9 に生じる反力を調節することができる。

直動ガイド 7 9 は、F I G. 7 A に示されるように C の字状の断面形状を有し、

その内側には紙面に直角な方向に沿って4つのボール列74が設けられる。これら4つのボール列74を構成するボールは、それぞれリターンチューブ74rを経て循環する。なお、FIG. 7Aではカバー66内の左右に取り付けられるそれぞれの直動ガイド79中で1組のボール列74およびリターンチューブ74rのみに符号を付す。

FIG. 7Bに示されるように、防振ユニット65の内部には変位センサ76と振動センサとしての加速度センサ77が固定される。変位センサ76は、この変位センサ76とムービングマグネット68との相対距離の大小に応じた信号を出力する。加速度センサ77は、除振ユニット内に伝わる振動（加速度）の大小に応じた信号を出力する。変位センサ76および加速度センサ77から出力される信号は、コネクタ78を介して接続される除振制御回路に出力される。また、除振制御回路からはムービングマグネット68を駆動するための電流がコネクタ78を介してステータ69内のコイルに供給される。ムービングマグネット68は、ステータ69内のコイルに供給された電流値に比例した推力を発生する。

以上に説明したように、本実施例の除振装置65は、リニアモータを構成するムービングマグネット68およびステータ69、ウエイト75、変位センサ76、加速度センサ77等の主要な構成が、カバー66の内部で支持されており、ユニット化されている。また、カバー66は、上述したボルトによって除振対象物（部材67）に取り付けられるようになっているので、除振装置65を除振対象物に容易に着脱することができる。前述のように、ウエイト75は質量の調整が可能であるため、除振装置65の設置場所（除振対象物）に応じてウエイト75の質量を変えることができる。したがって、本実施例の除振装置65は、振動の抑制を必要とするさまざまな箇所に容易に装着することができる。

コネクタ78を介して除振装置65に接続される除振制御回路についてFIG. 8A、FIG. 8BおよびFIG. 8Cを参照して説明する。

FIG. 8Aにおいて、加速度センサ77から出力される信号はフィルタ80にて濾波される。フィルタ80で濾波された信号は、積分器81で積分されて速度信号に変換され、加算器82に入力される。位置センサ76から出力される信号はフィルタ87にて濾波される。フィルタ87で濾波された信号は、加算器8

8に入力される。加算器88にはまた、制御目標値である0が入力される。PIDコントローラ89は、加算器88から出力される位置偏差信号に基づいて加算器82に速度指令信号を出力する。

PIDコントローラ83は、加算器82から出力される信号に基づいてムービングマグネット68で発生すべき推力値を求める。PIDコントローラ83は、求められた推力値に関連する信号を加算器84に出力する。

FIG. 6に示されるウエハステージ73の加減速動作などに応じてフィードフォワード信号が比例制御のPコントローラ90に入力される。Pコントローラ90は、フィードフォワード信号に基づいてムービングマグネット68で発生すべき推力値を求め、この推力値に関連する信号を加算器84に出力する。加算器84から出力される信号はアンプ85で電力増幅され、FIG. 7Bに示されるコネクタ78を経てステータ69のコイルに印加される。

FIG. 8Bを参照し、フィルタ80の構成の一例について説明する。本実施の形態に係る露光装置において、投影光学系PLが弾性モードで振動する場合に、ある周波数E(Hz)前後に共振周波数を有していることが実験により予め分かっているものとする。また、先に説明したとおり、剛体モードの振動がウエハWに形成されるパターンの精度に及ぼす影響は少ない。本実施の形態に係る露光装置において、剛体モードの振動の周波数は10Hzを下回るものである。

以上のことを考慮し、フィルタ80はハイパスフィルタ91と、バンドパスフィルタ92と、ローパスフィルタ93とを含む。すなわち、ハイパスフィルタ91により例えば所定値A(Hz)を下回る帯域の周波数成分を濾波して除去、ないしは減じる。そして、バンドパスフィルタ92により所定値BHz(>AHz)を下回る帯域の周波数成分と所定値CHz(>BHz)を上回る帯域の周波数成分とを濾波して除去、ないしは減じる。さらに、ローパスフィルタ93により、所定値DHz(>CHz)を上回る帯域の周波数成分を濾波して除去、ないしは減じる。

FIG. 8Bに示されるフィルタ80の構成において、バンドパスフィルタ92に加えてハイパスフィルタ91およびローパスフィルタ93を用いる訳は、よりシャープな帯域濾波特性を得ることが本実施の形態では有効であるからであ

る。

フィルタ 80 は、加速度センサの応答特性、除振を行いたい振動の周波数帯域等により上記 3 種類のフィルタのうちのいずれかひとつで構成されても、任意の数の組み合わせで構成されてもよい。あるいは、フィルタ 80 を必ずしも用いる必要はない。

FIG. 8C を参照してフィルタ 87 の構成の一例について説明する。フィルタ 87 は、ローパスフィルタ 94 で構成される。ローパスフィルタ 94 を用いる理由は、第 1 の実施の形態でも説明したとおり、PID コントローラ 89 の位置制御応答を比較的低く設定するためである。すなわち、PID コントローラ 89 の位置制御応答を高くすると、ムービングマグネット 68 をニュートラル位置に戻す際の速度が増して、逆に投影光学系 PL を加振してしまうおそれがある。フィルタ 87 についても除振対象物に求められる振動レベルに応じて濾波特性を変えることが有効である。あるいは、フィルタ 87 を用いずに、PID コントローラ 89 のゲインを低く設定するものであってもよい。

FIG. 9、FIG. 10、FIG. 11A、FIG. 11B、FIG. 12A および FIG. 12B を参照して以上ように構成される除振装置による振動抑制効果について説明する。

FIG. 9 および FIG. 10 は、FIG. 6 に示される露光装置における投影レンズ PL のイナータンス特性を示し、FIG. 9 が本発明の実施の形態に係る除振装置が搭載されている場合の特性を、FIG. 10 が搭載されていない場合の特性を示す。FIG. 9 と FIG. 10 とを比較すれば明らかなように、周波数  $E$  (Hz) 付近におけるゲインが除振装置によって大幅に抑制される。

FIG. 11A および FIG. 12A は投影レンズ PL に生じる振動のスペクトルを示すグラフであり、FIG. 11A が本発明の実施の形態に係る除振装置が搭載されている場合の特性を、FIG. 12A が搭載されていない場合の特性を示す。FIG. 12A のグラフにおいて周波数  $F$  (Hz) 付近に存在する振動スペクトルが FIG. 11A のグラフにはない。つまり、本発明の実施の形態に係る除振装置により、投影光学系 PL に生じる振動のうち、周波数  $F$  (Hz) 付近の振動スペクトルが減じられることがわかる。

FIG. 11BおよびFIG. 12Bは、投影光学系PLに、ある加振力が作用したときの振動減衰過渡特性を示す。そして、FIG. 11Bが本発明の実施の形態に係る除振装置が搭載されている場合の特性を、FIG. 12Bが搭載されていない場合の特性を示す。FIG. 12Bのグラフでは、比較的ゆっくりした振動すなわち剛体モードの振動に、比較的細かい振動すなわち弾性モードの振動が重畳していることがわかる。

上述のとおり、比較的ゆっくりした振動は剛体モードの振動であり、振動の整定を待つ必要がない。これに対し、比較的細かい振動は弾性モードの振動であり、整定を待つ必要がある。したがって、本発明の実施の形態においては、スループットを向上させることが可能となる。

FIG. 13は、FIG. 7AおよびFIG. 7Bに示す除振装置65の位置センサ76を不要としたものである。FIG. 13において、除振装置65Aの内部にはムービングマグネット68の移動方向に略平行な線上に2本のばね掛け66pが設けられる。これら2本のばね掛け66pとムービングマグネット68の移動方向の両端との間には、それぞればね68Sが掛けられる。2本のばね68Sのばねバランスにより、ムービングマグネット68はニュートラル位置、すなわちムービングマグネット68の移動ストロークのほぼ中心に位置する。その他の構成要素はFIG. 7Bに示されるものと同様であるのでFIG. 7Bのものと同一符号を付し、その説明を省略する。

FIG. 13に示される除振装置65Aを用いて除振制御を行う場合、FIG. 8Aにおける位置制御フィードバックループ94は不要となる。この場合、加算器82にはPIDコントローラ89からの出力信号に代え、制御目標値として0を入力すればよい。

なお、除振装置65を用いる場合であっても除振装置65Aを用いる場合であっても、FIG. 8Aに示されるフィードフォワード制御ブロック95を有していない構成の除振制御回路を用いるものであってもよい。

以上では、投影光学系PLの倒れ方向の振動を減じる例について説明した。これに加え、投影光学系PLの光軸回りのねじれ振動を減じることもできる。このねじれ振動を減じる場合には、複数の除振装置65または65Aを投影光学系の

光軸回りの円周上に配置する。このとき、上記複数の除振装置 6 5 または 6 5 A から発せられる反力により、上記ねじれ振動を減じる方向に偶力が発生するようにこれら除振装置 6 5 または 6 5 A の配設方向を定めればよい。

### － 第 3 の実施の形態 －

以上に説明した第 1 および第 2 の実施の形態において、除振装置はいずれも水平方向の振動を抑制するものであった。本発明に係る除振装置は、水平方向の振動を抑制するだけでなく、垂直方向の振動を抑制することも可能である。

F I G. 1 4 A には、除振対象物 2 0 0 に固定される除振装置の構成の一例を示す。除振対象物 2 0 0 にステータ 2 0 1 およびカバー 2 0 6 が固定される。ウェイト 2 0 4 および二つの永久磁石 2 0 2 で構成されるムービングマグネット 2 0 7 は、エアベアリング 2 0 3 によって F I G. 1 4 A の上下方向、すなわち重力方向に移動可能にガイドされる。F I G. 1 4 B に示されるように、ステータ 2 0 1 はコイルを有する。このコイル 2 0 1 に電流を印加することにより、ステータ 2 0 1 とムービングマグネット 2 0 7 との間で重力方向に沿って吸引力または斥力を生じる。つまり、ムービングマグネット 2 0 7 とステータ 2 0 1 とでリニアモータが構成される。なお、以下の説明中でウェイト 2 0 4 の質量  $m$  には二つの永久磁石 2 0 2 の質量を含むものとして説明する。

ムービングマグネット 2 0 7 は、ばね 2 0 5 により吊持される。ステータ 2 0 1 のコイルに電流を印加しない場合、ムービングマグネット 2 0 7 とステータ 2 0 1 との相対位置はムービングマグネット 2 0 7 の重量とばね 2 0 5 のばね常数とに基づいて定まる。

F I G. 1 4 A に示される除振装置 2 2 0 は、F I G. 8 A に示される除振制御装置（但し、位置制御フィードバックループ 9 4 の部分を除く）と同様の構成のもので駆動することができる。

また、F I G. 1 4 A に示される除振装置において、ムービングマグネット 2 0 7 の質量とばね 2 0 5 のばね常数とを調節することにより、除振対象物とムービングマグネット 2 0 7 との間に連成振動を生じさせることができる。このように連成振動を生じさせることも除振対象物 2 0 0 の振動抑制のために効果的であ

る。このとき、ステータ 201 のコイルに印加する電流量を調節することにより上述したリニアモータを減衰力可変のダンパとして用いることもできる。つまり、加速度センサで検出される除振対象物の振動に応じてステータ 201 のコイルに印加する電流量を調節することにより、広い振動周波数帯域にわたって除振対象物の振動の抑制が可能なダイナミックダンパを構成することができる。

除振装置 220 を上記のように用いる場合、この除振装置 220 は等価的に FIG. 15B に示すようにモデル化して表すことができる。すなわち、ばね 205 および減衰率可変のダンパとして作用するステータ 201 およびムービングマグネット 207 がウエイト 204 と除振対象物 200 との間に介装され、さらにステータ 201 およびムービングマグネット 207 に対してばね 205 が並列に接続される。この点、FIG. 14A を見るとばね 205 と、ステータ 201 およびムービングマグネット 207 とがウエイト 204 と除振対象物 200 との間で直列に接続されているように見える。しかし、FIG. 14A においてムービングマグネット 207 とステータ 201 との間の吸引力を無限大にした場合、すなわちムービングマグネット 207 とステータ 201 とを固着した場合を想定するとウエイト 204 と除振対象物 200 とは剛体接続される。このことからあきらかなように、除振装置 220 は等価的に FIG. 15B に示すようにモデル化できる。

以上の説明において本発明の実施の形態に係る除振装置は、除振対象物に設けられた加速度計から出力される信号に基づいてリニアモータの駆動力を制御し、除振対象物の振動を打ち消す方向にウエイトを駆動するものであった。これに対して、以下に説明するように加速度センサを除振対象物およびウエイトの双方に設けることもできる。

FIG. 15A は、除振装置 220 および除振対象物 200 を振動モデル化して表したものである。FIG. 15A において、除振対象物 200 と接地面 210 との間にダンパ 211 およびばね 212 が介装され、除振対象物 200 とウエイト 204 との間にステータ 201 およびムービングマグネット 207 とばね 205 とが介装される。このステータ 201 とムービングマグネット 207 とで構成されるアクチュエータによって、除振対象物 200 とウエイト 204 との間に

相対運動を起こす推力（駆動力）が発生される。そして、除振対象物 200 に加速度計 214 が取り付けられるとともにウエイト 204 に加速度計 219 が取り付けられる。両加速度計 214 および 219 は、除振制御回路 217 に接続される。除振制御回路 217 から出力される推力指令信号は、ドライバ 216 で電力増幅されてステータ 201 のコイルに印加される。

FIG. 15C は、除振制御回路 217 の構成を説明するブロック図である。除振対象物 200 に取り付けられる加速度計 214 から出力される信号はフィルタ 230 により濾波され、除振の対象となる周波数帯域の振動に対応する信号のみが積分器 232 に入力される。

ウエイト 214 に取り付けられる加速度計 219 から出力される信号はフィルタ 231 により濾波されて除振の対象となる周波数帯域の振動に対応する信号のみが積分器 234 に入力される。フィルタ 231 は、フィルタ 230 と同様の機能を有している。本実施形態では、除振対象物 M、ダンパ 211、バネ 212 で構成される第 1 の系と、ウエイト 204、ムービングマグネット 207、ばね 205 で構成される第 2 の系との間に振動の連成を起こして振動のピーク値を低減させるものである。したがって、フィルタ 230 および 231 は、加速度計 214、219 から出力される信号の各々を除去したい周波数に合わせてフィルタリングするように設定される。

積分器 232 および 234 から出力される信号は加算器 235 で加算され、コントローラ 236 に入力される。コントローラ 236 は、加算器 235 より出力された信号に基づいてステータ 201 とムービングマグネット 207 との間で生じるべき推力を演算し、この推力に応じた指令値を出力する。コントローラ 236 より出力される指令値は、反転増幅器 237 によりマイナスのゲインが与えられ、そしてドライバ 216 に出力される。この結果、ドライバ 216 からステータ 201 のコイルに対して除振対象物 200 の振動を打ち消す方向および大きさの推力をステータ 201 とムービングマグネット 207 との間に生じさせるための電力が供給される。

なお、FIG. 15C の構成において、反転増幅器 237 を設けずにコントローラ 236 の出力を直接ドライバ 216 に入力することで振動を打ち消すように

構成してもよい。

また、本実施例においては、加速度計 214 から出力される信号と、加速度計 219 から出力される信号との「差」を求めることができるので、コントローラ 236 が上述した「差」の値を用いて、除振対象物 200 とムービングマグネット 207（除振装置 220）との間に発生する振動の連成を所定の状態に維持することができる。これにより、除振対象物の振動のピークを低減させることができ、振動を早期に整定させることが可能となる。

さらに、第 2 の実施の形態のように、ステータ 201 およびムービングマグネット 207 を有するアクチュエータおよび加速度計 214、219 を一体化して除振装置をユニット化してもよい。その場合、第 2 の実施の形態と同様、ウェイト 204 の質量を調整可能としてもよい。

以上、FIG. 14A および FIG. 15A を参照して説明した除振装置は、除振対象物に生じる水平方向の振動を抑制する際にも用いることが可能である。また、以上に説明した第 1 ～ 第 3 の実施の形態で説明した除振装置を適宜組み合わせることで、除振対象物に生じる複数の方向の振動を抑制することも可能である。

さらに、第 2 の実施の形態では、除振のためのアクチュエータおよびセンサを一体化し、除振装置をユニット化する例について説明したが、このユニットの中に除振制御回路を組み込むことも可能である。

以上に説明した除振装置を露光装置内の適所に設置することにより、露光装置内で生じる振動を効果的に抑制することができる。以下、FIG. 16 を参照して説明する。

FIG. 16 には、第 2 または第 3 の実施の形態に係る除振装置が設置される露光装置 300 の概略を示す。FIG. 16 において、投影光学系 PL の光軸に平行に Z 軸を取り、Z 軸に直交する平面内で定盤 320 の三角形の底辺方向に平行に X 軸を、これに直交する方向に Y 軸を取る。また、以下の説明において、必要に応じ、FIG. 16 中の X、Y、Z 軸を示す各矢印の示す方向を +X、+Y、+Z 方向、これと反対の方向を -X、-Y、-Z 方向と区別して用いるものとする。

第1の実施の形態で説明した露光装置においては、FIG. 1に示されるように四角形の定盤31Bが4組の除振ユニット47A、47B、47Cおよび47D支持されている。

これに対してFIG. 16に示される露光装置300の定盤320は、略三角形形状の形状を有し、3組のVCM312A～312Cおよびエアマウント314A～314Cで支えられている。そして、上述した三角形の底辺部分が装置の正面側に位置するように定盤320が配設される。

VCM312A、312B、312Cおよびエアマウント314A、314B、314Cについて説明するが、これらのVCM312A、312B、312C、あるいはエアマウント314A、314B、314Cはいずれも同じ構成のものであり、ここではVCM312およびエアマウント314として説明する。

VCM312は、固定子および可動子等で構成され、不図示の制御部から印加される電圧に応じてZ方向に推力を生じる。エアマウント314は、不図示の空圧源から供給される空圧に応じてZ方向に推力を生じる。これらVCM312およびエアマウント314がシリーズに連結されて定盤320を支持する。以上の構成により、設置床面から定盤320に伝わる振動が減じられる。

定盤320の上にはコラム348が固設される一方、下には下ベース325が固設される。FIG. 16では図示していないが、露光装置300はレチクルステージRSの加減速動作にともなって生じる反力を露光装置300の設置床面に逃がすリアクションフレームを有する。同様に、露光装置300はウエハステージWSの加減速動作にともなって生じる反力を露光装置300の設置床面に逃がすリアクションフレームを有する。

露光装置300を構成する部材の要所には、FIG. 16において直方体で示される除振装置VRU1～VRU6が固設される。これらの除振装置VRU1～VRU6として、第2または第3の実施の形態で説明したものと同等のものが用いられる。あるいは一つの除振装置内に互いに直交する2軸方向（たとえばY、Z方向）、あるいは3方向（たとえばX、Y、Z方向）の振動を抑制可能とするために複数の除振装置が組み合わせて用いられるものであってもよい。

露光装置300は、以上に説明した構成により、設置床面から伝わる振動をV

CM 3 1 2 A、3 1 2 B、3 1 2 C およびエアマウント 3 1 4 A、3 1 4 B、3 1 4 C によって隔絶するとともに、ウエハステージ W S およびレチクルステージ R S が停動を繰り返す際に生じる反力を設置床面に逃がすことにより定盤 3 2 0、コラム 3 4 8 あるいは下ベース 3 2 5 に揺れが生じるのを低減することができる。

しかし、以上に説明した構成によっても露光装置 3 0 0 には僅かな振動が発生しないしは残留し、この振動が露光精度を低下させる場合がある。僅かな振動が発生するいくつかの要因のうちの代表的なものとしては、以下に説明するものがある。

一つは、先にも説明したように、リアクションフレームを通じて設置床面に振動が伝わり、設置床面から VCM 3 1 2 A、3 1 2 B、3 1 2 C およびエアマウント 3 1 4 A、3 1 4 B、3 1 4 C にこの振動が伝わることによる。この振動が VCM 3 1 2 A、3 1 2 B、3 1 2 C およびエアマウント 3 1 4 A、3 1 4 B、3 1 4 C で遮断しきれずに定盤 3 2 0 に僅かな振動が生じる。

もう一つは、ウエハステージ W S やレチクルステージ R S が移動するのにともない、露光装置 3 0 0 全体としての重心位置が変化することにある。この重心位置の変化に伴って発生しかかる露光装置 3 0 0 の傾きは、VCM 3 1 2 A、3 1 2 B、3 1 2 C およびエアマウント 3 1 4 A、3 1 4 B、3 1 4 C によって低減されるが、このときに僅かな振動が生じる場合がある。露光装置に要求される精度によっては、この振動が問題となることがある。

そこで、本実施の形態の露光装置 3 0 0 では、VCM 3 1 2 A、3 1 2 B、3 1 2 C およびエアマウント 3 1 4 A、3 1 4 B、3 1 4 C、そして定盤 3 2 0 等で構成される除振台に固設されるコラム 3 4 8 や下ベース 3 2 5、あるいは定盤 3 2 0 等、露光装置 3 0 0 の構造部材の適所へ、先に説明した除振装置 V R U 1 ~ V R U 6 が取り付けられる。

そして露光装置 3 0 0 の構造部材に生じる振動に応じて、除振装置 V R U 1 ~ V R U 6 のそれぞれからは上記振動を打ち消す方向に反力が発生される。このように、露光装置内で不所望の振動を生じる箇所に対応して除振装置を組み込むことにより、露光装置 3 0 0 の除振性能をさらに高めることができる。

以上の実施の形態の説明において、除振装置に用いられるアクチュエータとしてリニアモータを用いる例について説明したが、ボイスコイルモータやピエゾアクチュエータ等、他のアクチュエータを用いることも可能である。

また、以上に説明した各実施の形態では、除振対象物とウエイトとの間に相対運動を起こして除振対象物に生じた振動を減じるように構成した例を説明したが、本発明はこのような構成に限定されるものではない。例えば、除振対象物と床上に固定された支柱との間にアクチュエータを設け、先述した振動信号に基づいてこのアクチュエータを駆動して除振対象物に力を与え、この除振対象物に生じた振動を減じるように構成することもできる。このような構成としては、例えば、特開平9-330857号に記載された構成を用いることができる。この場合、第2の実施の形態のように除振装置のユニット化を行うには、例えば、振動センサとしての加速度センサとアクチュエータとを同一の支持部材を介して除振対象物に着脱可能に取り付けられるように構成すればよい。このアクチュエータは、移動子（コイル部）が支持部材に保持され、固定子（磁石部）が除振対象物とは別の部材（支柱や壁面等）に固定できるようにしておく。これにより、先述した振動信号に基づいて上記コイル部に所定の電流を流してアクチュエータを駆動すれば、その駆動力によって除振対象物の振動を減じさせることができる。

また、以上に説明した除振装置は、露光装置のみならず、精密工作機械や精密測定器、あるいは荷電粒子線転写装置や電子顕微鏡等、高い除振性能の求められる装置に設置することができる。

なお、本実施の形態における露光装置としては、走査型の露光装置の他に、マスクと基板とを静止させた状態でマスクのパターンを露光し、基板を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート型の露光装置にも適用することができる。

また、本実施の形態の露光装置として、投影光学系を用いることなく、マスクと基板とを近接させてマスクのパターンを露光するプロキシミティ露光装置にも適用することができる。

また、露光装置の用途としては半導体製造用の露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを露光する液晶用の露光

装置や、薄膜磁気ヘッドを製造するための露光装置等にも広く適用できる。

本実施の形態の露光装置の光源は、g線（波長436nm）、i線（波長365nm）、KrFエキシマレーザ（波長248nm）、ArFエキシマレーザ（波長193nm）、F<sub>2</sub>レーザ（157nm）のみならず、X線や電子線などの荷電粒子線を用いることができる。たとえば、電子線を用いる場合には電子銃として、熱電子放射型のランタンヘキサボライト（LaB<sub>6</sub>）、タンタル（Ta）を用いることができる。

さらに、電子線を用いる露光装置である場合、マスクを用いる方式と、マスクを用いない直接描画方式の双方に適用可能である。

なお、露光装置の投影光学系の倍率は縮小系のみならず、等倍および拡大系のいずれでもよい。

また、投影光学系（放射線を照射する照射光学系を含む）に関し、エキシマレーザなどの遠紫外線を用いる場合は硝材として石英や蛍石などの遠紫外線を透過する材料を用い、F<sub>2</sub>レーザやX線を用いる場合は反射屈折系または屈折系の光学系にし（レチクルも反射型タイプのものを用いる）、また、電子線を用いる場合には光学系として電子レンズおよび偏向器からなる電子光学系を用いればよい。なお、電子線が通過する光路（経路）は真空状態にすることはいうまでもない。

ウエハステージやレチクルステージにリニアモータ（USP 5,623,853 または USP5,528,118 参照）を用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもよい。また、ステージは、ガイドに沿って移動するタイプでもよいし、ガイドを設けないガイドレスタイプでもよい。

ステージの駆動装置としては、2次元に磁石を配置した磁石ユニットと、2次元にコイルを配置した電機子ユニットとを対向させ、電磁力によりステージを駆動する平面モータを用いてもよい。この場合、磁石ユニットと電機子ユニットとのいずれか一方をステージに接続し、磁石ユニットと電機子ユニットとの他方をステージの移動面側に設ければよい。

ウエハステージの移動により発生する反力は、特開平8-166475号公報

(USP5,528,118)に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に伝えてもよい。

レチクルステージの移動により発生する反力は、特開平 8 - 3 3 0 2 2 4 号公報（US S/N 08/416,558）に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に伝えてもよい。

本発明の実施の形態に係る露光装置は、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これらの各種精度を確保するために、この組立の前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電機系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組立工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組立工程の前に、各サブシステム個々の組立工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組立工程が終了すると、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいたレチクルを製作するステップ、シリコン材料からウエハを製作するステップ、前述した実施例の露光装置によりレチクルのパターンをウエハに露光するステップ、デバイス組立ステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を経て製造される。

#### 産業上の利用可能性

本発明は、除振台上の構造物自体で生じる振動、あるいは除振台の外部から伝わる振動を低減可能であり、振動抑制能力に優れた除振台および露光装置に適用可能である。また、荷電粒子線を用いて露光する露光装置、あるいは被検物の面精度を高精度に測定する干渉計等の光学ベンチ、さらには超精密工作機械等に本発明を利用することができる。

## 請求の範囲

## 1. 定盤と、

前記定盤に設置され、前記定盤上を移動可能な可動物と、

前記可動物が前記定盤上を移動する際に生じる反力を、前記定盤の設置床面に伝達することにより逃がす反力伝達部材と、

前記反力伝達部材に生じる振動を検出する振動検出装置と、

前記反力伝達部材に設置され、前記振動を減じる方向に移動可能なウエイトと、

前記振動検出装置で検出される振動に基づいて前記ウエイトを、前記振動を減じるように駆動する除振駆動装置とを有することを特徴とする除振装置。

## 2. マスク基板に形成されたパターンを、投影光学系を介して基板ステー

ジ上の基板に投影する露光装置であって、

請求項1に記載の除振装置を具備することを特徴とする露光装置。

## 3. マスクステージと、基板ステージと、前記マスクステージに設置され

るマスク基板の像を前記基板ステージに設置される基板に投影する投影光学系とを含む露光装置本体部と、

前記露光装置本体部の設置床面上に、前記露光装置本体部とは別体に設置され、前記マスク基板に照明光を照射するための照明ユニットと、

前記照明ユニットに生じる振動を検出する振動検出装置と、

前記照明ユニットに設置され、前記振動を減じる方向に移動可能なウエイトと、

前記振動検出装置で検出される振動に基づいて前記ウエイトを、前記振動を減じるように駆動する除振駆動装置とを有することを特徴とする露光装置。

## 4. 除振対象物に設置されて前記除振対象物に生じる振動の大きさに応じ

た振動信号を出力する振動検知装置と、

前記除振対象物に対して相対移動可能に設けられたウエイトと、

前記除振対象物と前記ウエイトとの間に相対運動を生じさせる駆動装置と、

前記ウエイトの位置を検知し、前記ウエイトの位置に応じた位置信号を出力す

る位置検知装置と、を備え、

前記駆動装置は、前記振動信号に基づいて前記ウエイトの駆動速度を制御する第 1 の制御ループと、前記位置情報に基づいて前記ウエイトを所定の位置に移動させる第 2 の制御ループとに基づいて制御されることを特徴とする除振装置。

5. 請求の範囲 4 に記載された除振装置において、

前記第 1 の制御ループと前記第 2 の制御ループとに基づいて前記駆動装置を制御する制御装置をさらに備え、

前記制御装置は、前記振動信号のうち、所定の帯域外の周波数成分の信号強度を低下させる第 1 の濾波装置と、

前記位置信号のうち、所定の帯域外の周波数成分の信号強度を低下させる第 2 の濾波装置と、を有し、

前記第 1 の制御ループを前記第 1 の濾波装置で濾波された前記振動信号に基づいて行い、

前記第 2 の制御ループを前記第 2 の濾波装置で濾波された前記位置信号に基づいて行うことにより、前記振動が減じるように前記駆動装置を制御することを特徴とする除振装置。

6. 請求の範囲 4 に記載された除振装置において、

前記第 2 の制御ループは、前記第 2 の制御ループに基づいて前記駆動装置が前記ウエイトを駆動する際に新たな振動が前記除振対象物に発生しないように、前記ウエイトの駆動速度を設定することを特徴とする除振装置。

7. 請求の範囲 4 に記載された除振装置において、

前記ウエイトの質量が調整可能であることを特徴とする除振装置。

8. 請求の範囲 4 に記載された除振装置において、

前記駆動装置は、リニアモータであることを特徴とする除振装置。

9. 請求の範囲 8 に記載された除振装置において、

前記リニアモータは、固定部側にコイルが配置され、可動部側にムービングマグネットと前記ウエイトとが配置されていることを特徴とする除振装置。

10. 除振対象物に設置されて前記除振対象物に生じる振動の大きさに応じた第 1 の振動信号を出力する第 1 の振動検知装置と、

前記除振対象物に対して相対移動可能に設けられたウエイトと、

前記ウエイトに設置されて前記ウエイトに生じる振動の大きさに応じた第 2 の振動信号を出力する第 2 の振動検知装置と、

前記除振対象物と前記ウエイトとの間に相対運動を生じさせる駆動力を発生する駆動装置と、を備え、

前記駆動装置は、前記第 1 の振動信号と前記第 2 の振動信号とに基づいて制御されることを特徴とする除振装置。

11. 請求の範囲 10 に記載された除振装置において、

前記除振対象物と前記ウエイトとの間に、前記駆動装置と等価的に並列に接続された弾性部材をさらに備えたことを特徴とする除振装置。

12. 請求の範囲 10 に記載された除振装置において、

前記ウエイトの質量が調整可能であることを特徴とする除振装置。

13. 請求の範囲 10 に記載された除振装置において、

前記駆動装置は、リニアモータであることを特徴とする除振装置。

14. 請求の範囲 13 に記載された除振装置において、

前記リニアモータは、固定部側にコイルが配置され、可動部側にムービングマグネットと前記ウエイトとが配置されていることを特徴とする除振装置。

15. 除振対象物に生じる振動を減じる除振装置であって、

前記除振対象物に生じる振動の大きさに応じた振動信号を出力する振動検知装置と、

前記振動信号に基づいて前記振動を減じさせる駆動力を発生する駆動装置と、  
前記振動検知装置と前記ウエイトとを支持する支持部材と、

該支持部材を前記除振対象物に着脱可能に取り付けるための取付け装置とを備えたことを特徴とする除振装置。

16. 請求の範囲15に記載された除振装置において、

前記支持部材は、前記振動検知装置と前記駆動装置とを内部に収容するケーシング部材であることを特徴とする除振装置。

17. 請求の範囲15に記載された除振装置において、

前記除振対象物に対して相対移動可能に設けられたウエイトをさらに備え、

前記駆動装置は、前記駆動力によって前記除振対象物と前記ウエイトとの間に相対運動を生じさせることを特徴とする除振装置。

18. 請求の範囲15に記載された除振装置において、

前記ウエイトの位置を検出し、該ウエイトの位置に応じた位置信号を出力する位置検知装置をさらに備え、

前記駆動装置は、前記振動信号に基づいて前記ウエイトの駆動速度を制御する第1の制御ループと、

前記位置情報に基づいて前記ウエイトを所定の位置に移動させる第2の制御ループとに基づいて制御されることを特徴とする除振装置。

19. 請求の範囲18に記載された除振装置において、

前記第1の制御ループと前記第2の制御ループとに基づいて前記駆動装置を制御する制御装置をさらに備え、

該制御装置は、前記振動信号のうち、所定の帯域外の周波数成分の信号強度を低下させる第1の濾波装置と、

前記位置信号のうち、所定の帯域外の周波数成分の信号強度を低下させる第2の濾波装置と、を有し、

前記第1の制御ループを前記第1の濾波装置で濾波された前記振動信号に基づいて行い、

前記第2の制御ループを前記第2の濾波装置で濾波された前記位置信号に基づいて行うことにより、前記振動が減じるように前記駆動装置を制御することを特徴とする除振装置。

20. 請求の範囲18に記載された除振装置において、

前記第2の制御ループは、該第2の制御ループに基づいて前記駆動装置が前記ウェイトを駆動する際に新たな振動が前記除振対象物に発生しないように、前記ウェイトの駆動速度を設定することを特徴とする除振装置。

21. 請求の範囲15に記載された除振装置において、

前記ウェイトの質量が調整可能であることを特徴とする除振装置。

22. 請求の範囲15に記載された除振装置において、

前記駆動装置は、リニアモータであることを特徴とする除振装置。

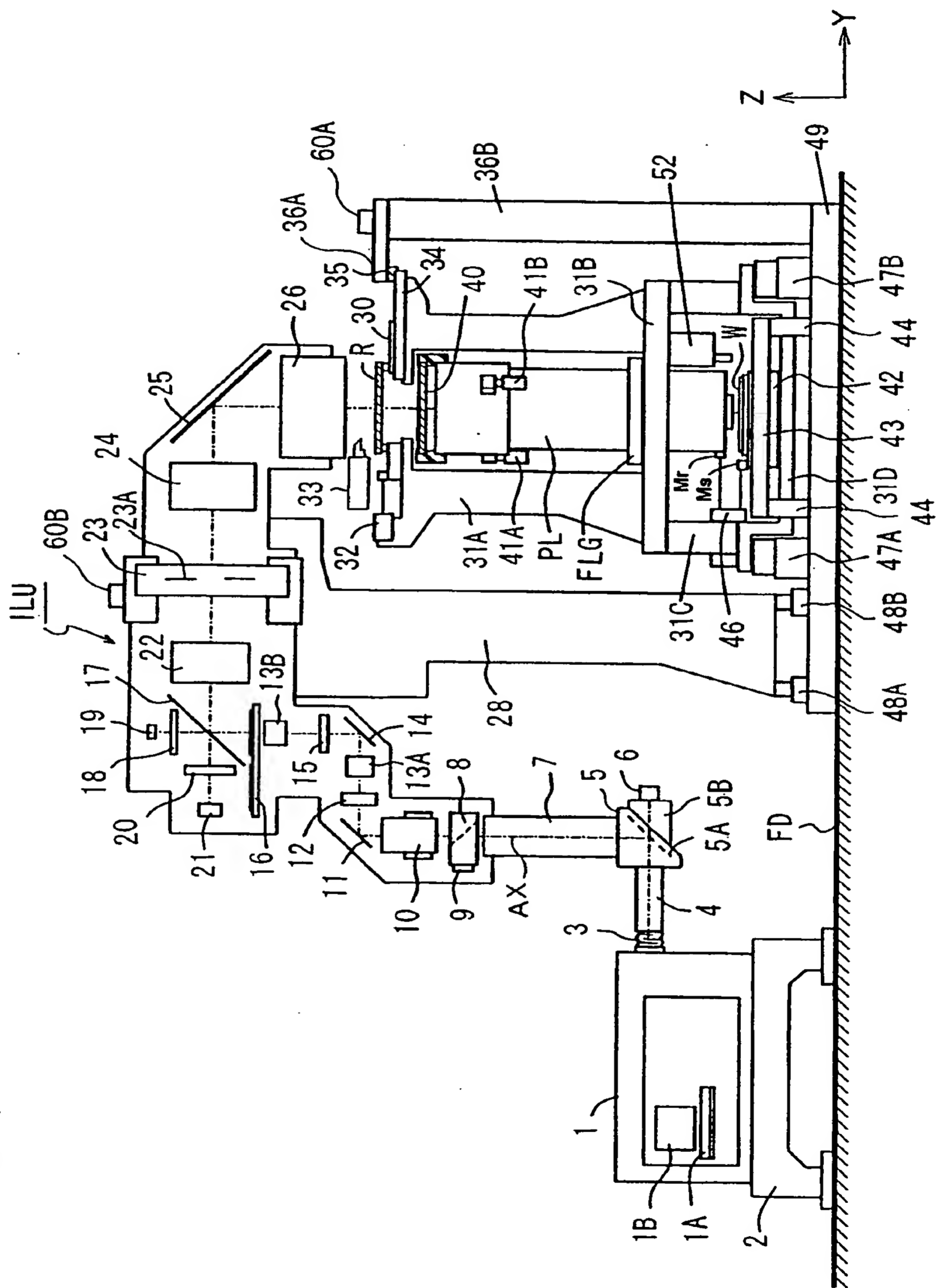
23. 請求の範囲22に記載された除振装置において、

前記リニアモータは、固定部側にコイルが配置され、可動部側にムービングマグネットと前記ウェイトとが配置されていることを特徴とする除振装置。

24. 基板ステージ上に載置された基板に所定のイメージを形成する露光装置であって、

請求の範囲4から23までのいずれか1つに記載の除振装置を備えることを特徴とする露光装置。

FIG. 1



2/16

FIG. 2A

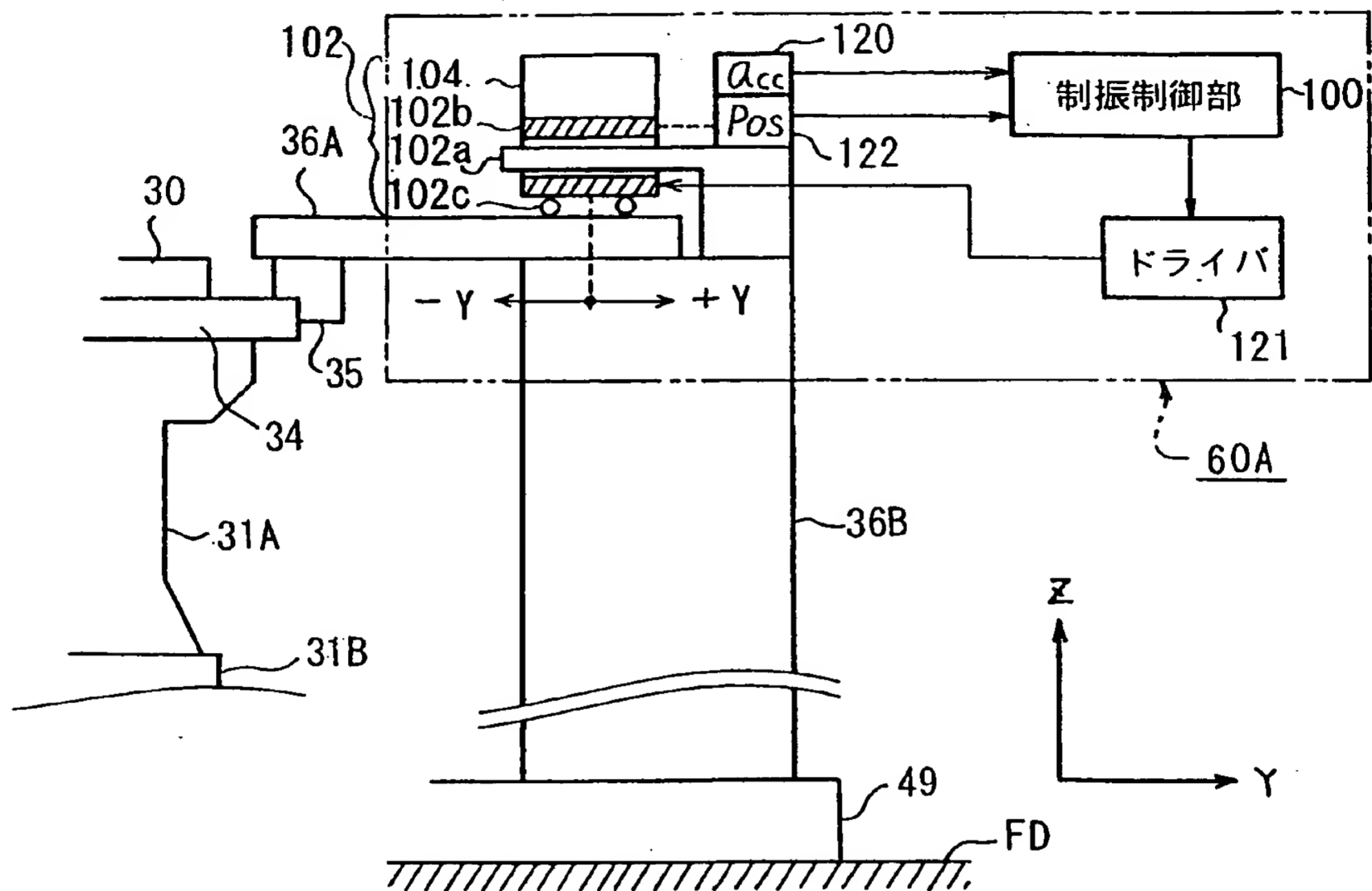
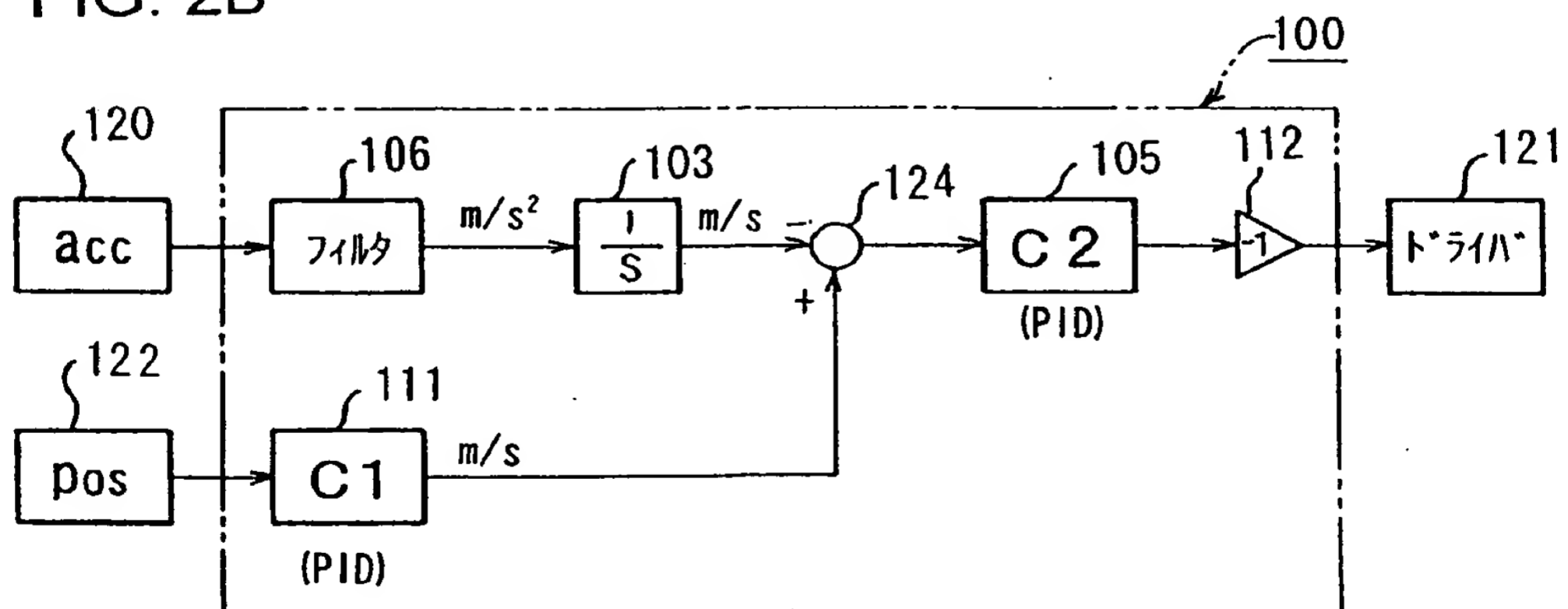


FIG. 2B



3/16

FIG. 3A

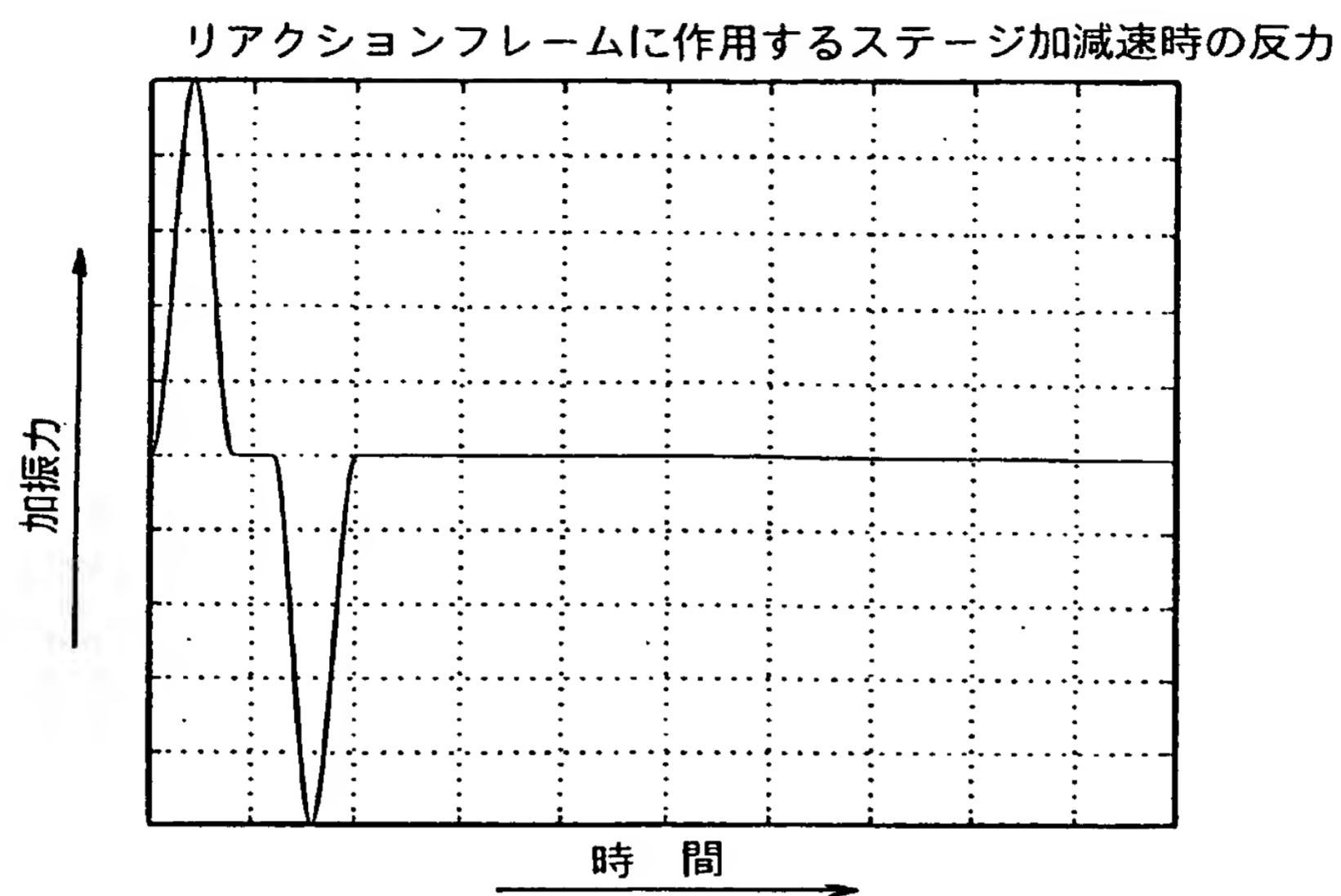
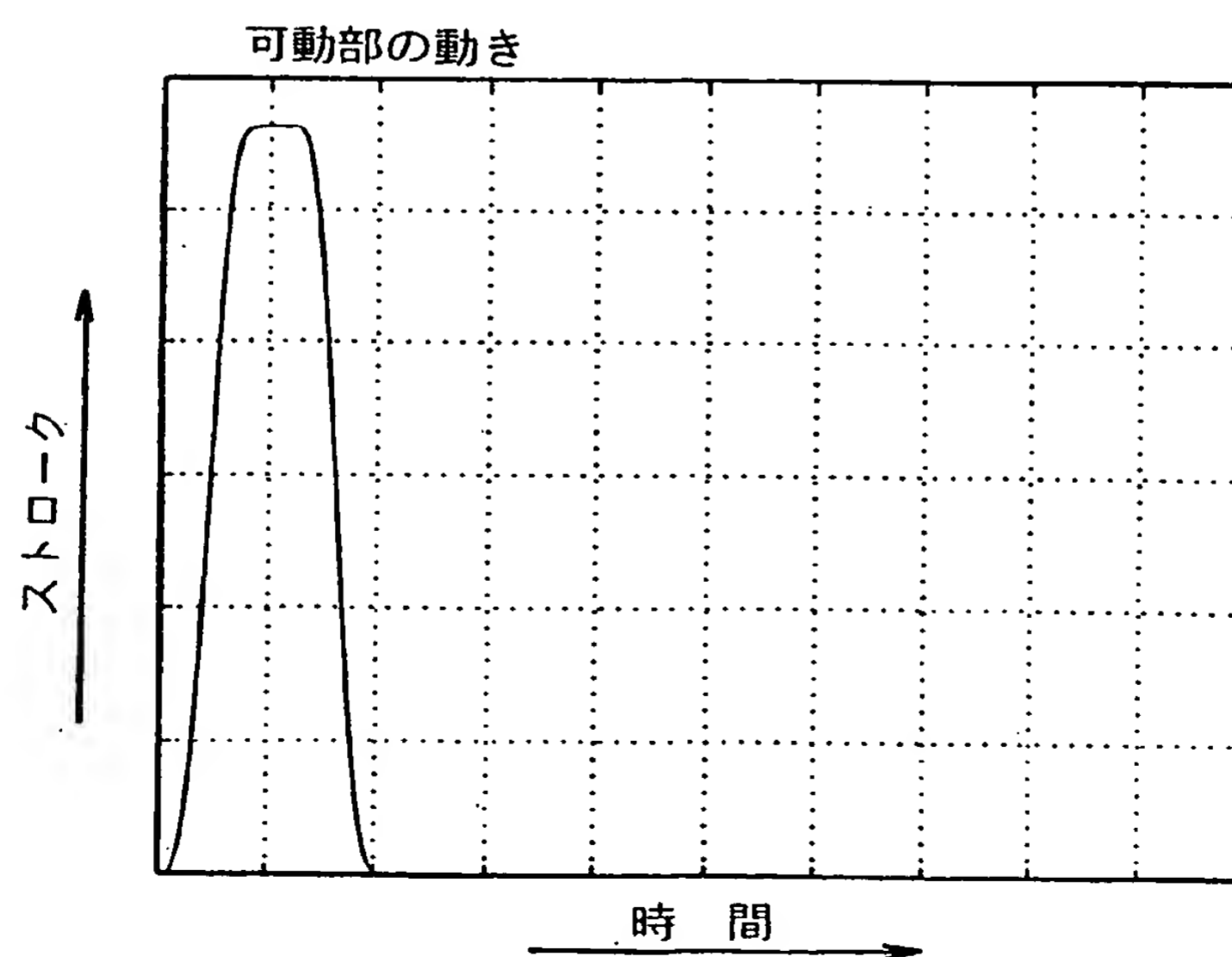


FIG. 3B



4/16

FIG. 4A

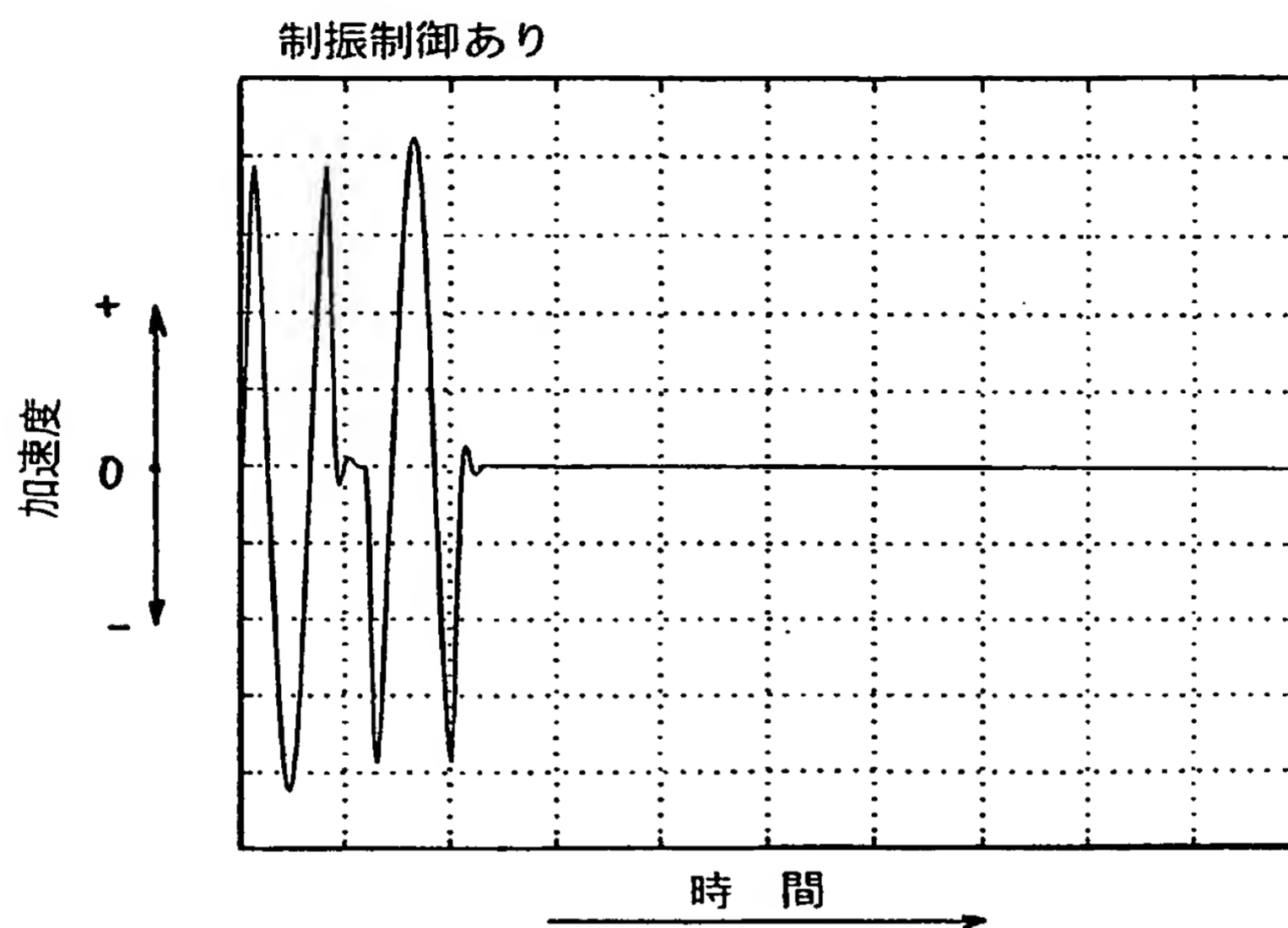


FIG. 4B

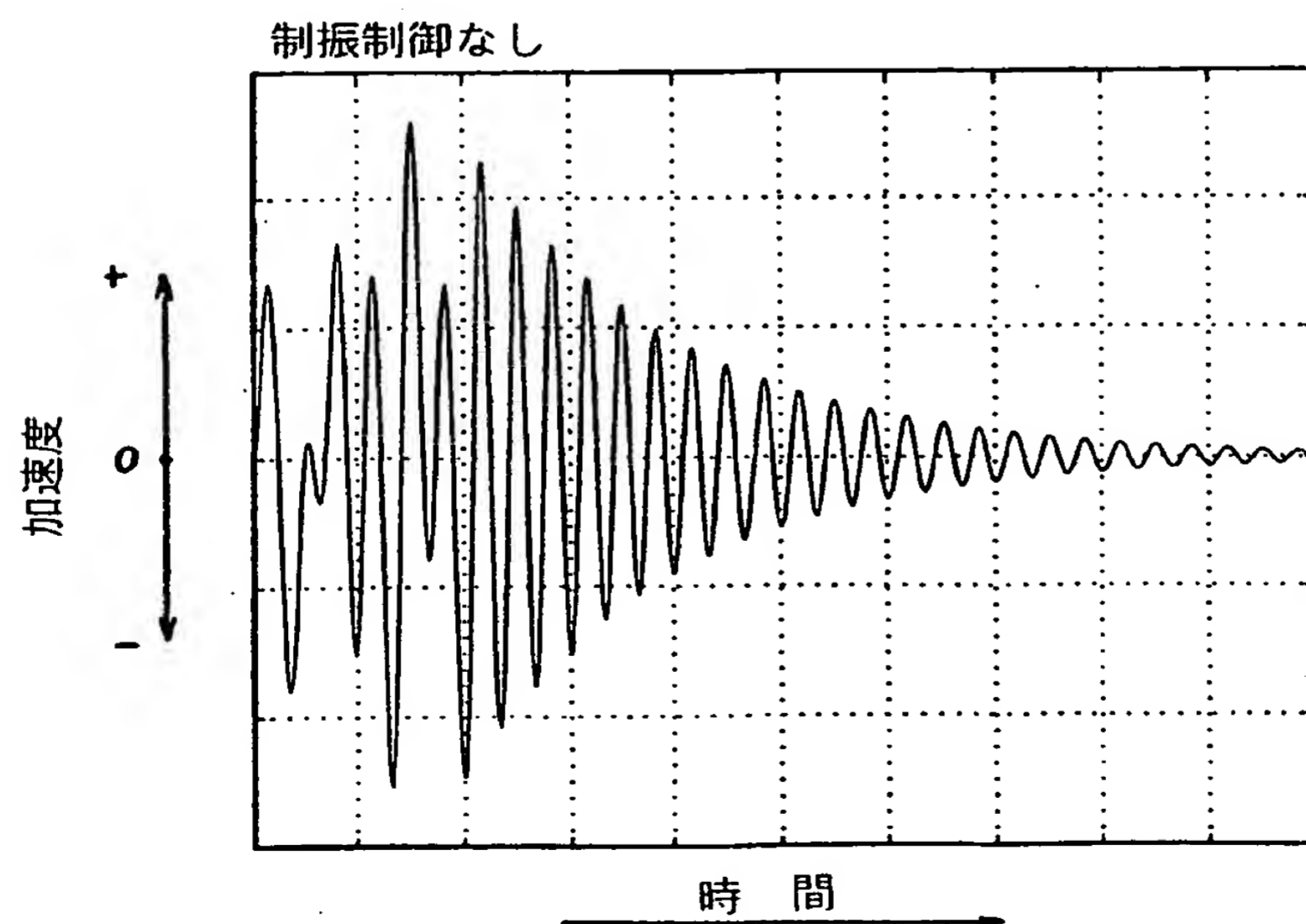


FIG. 5

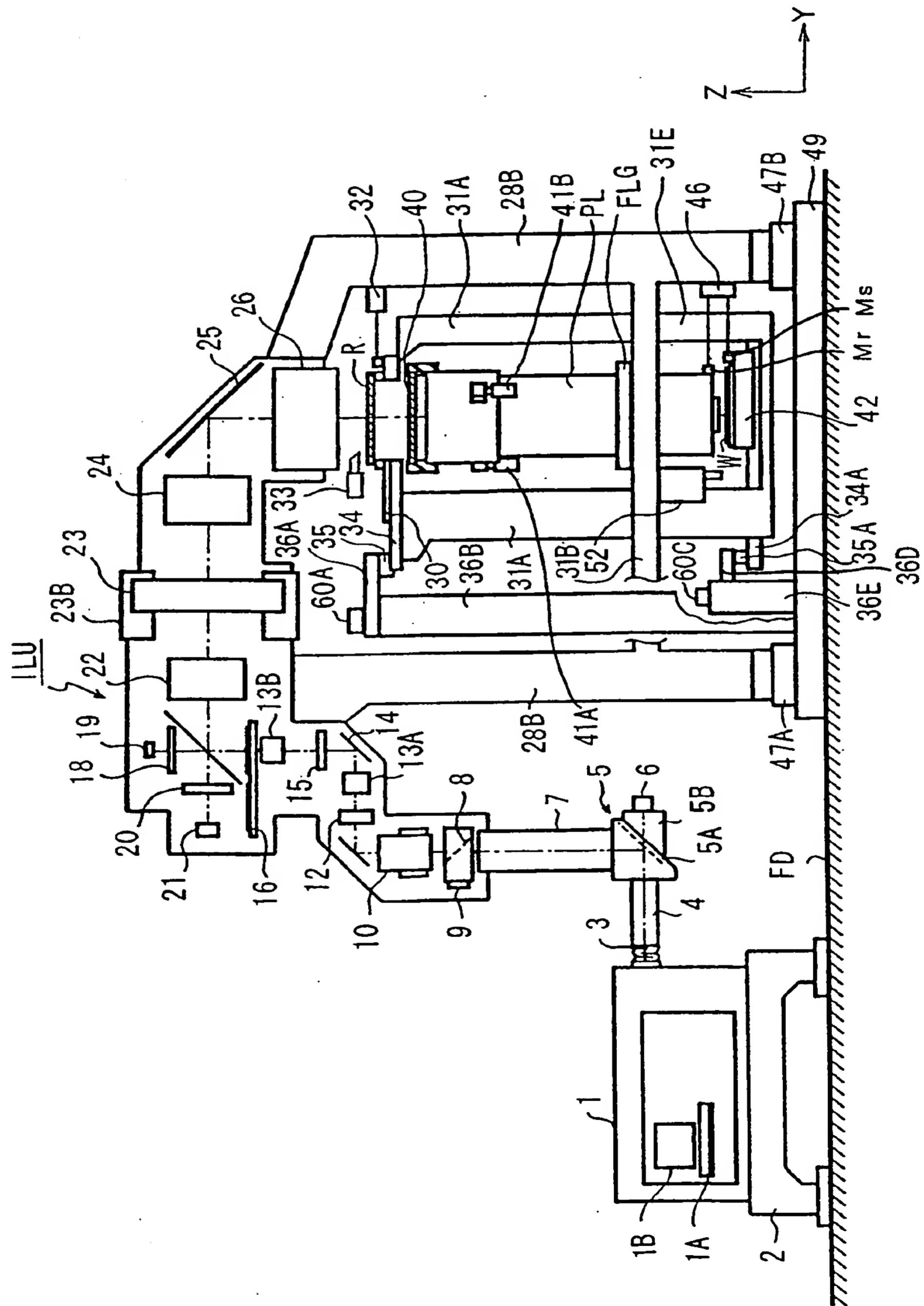




FIG. 7A

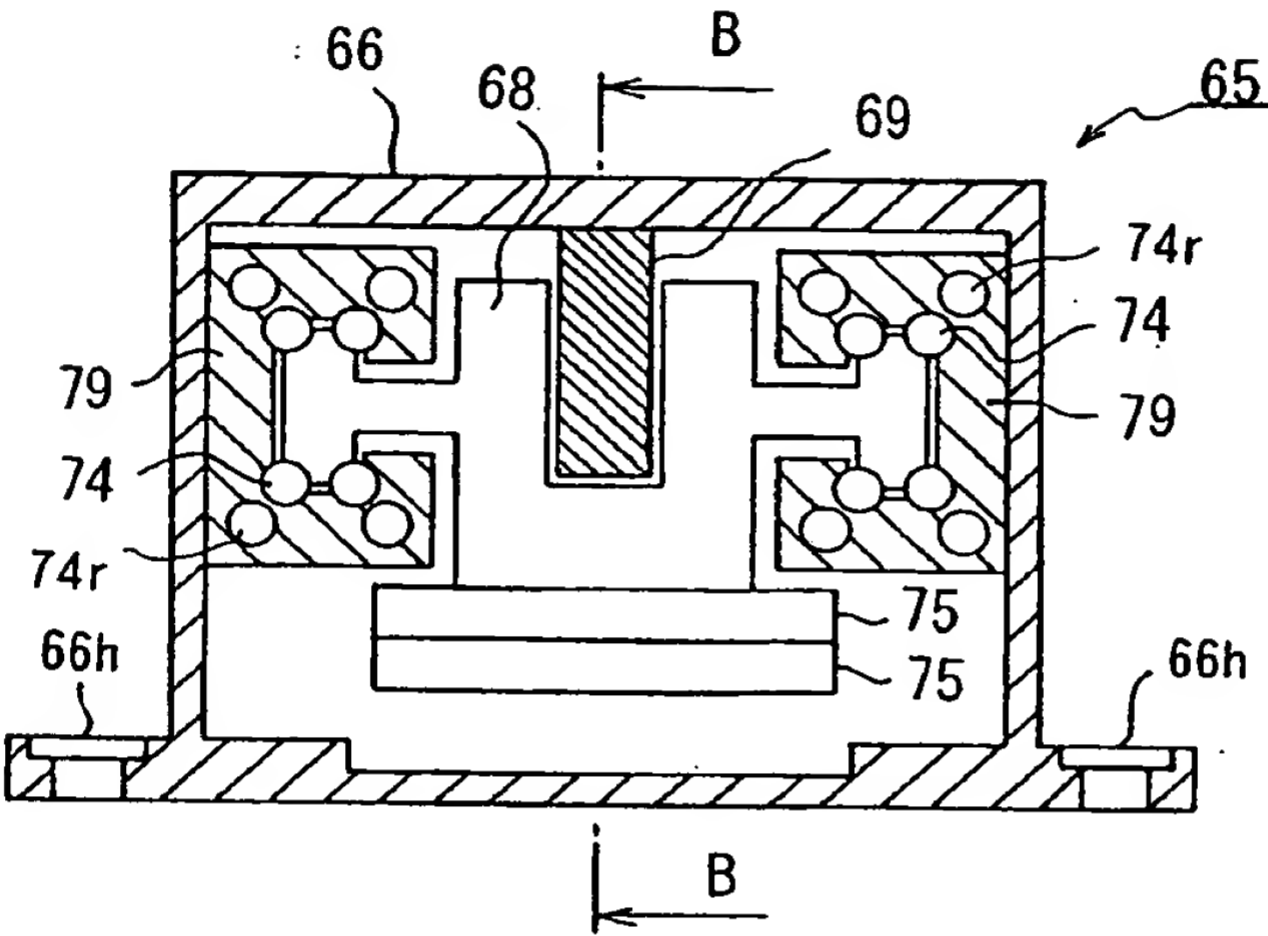


FIG. 7B

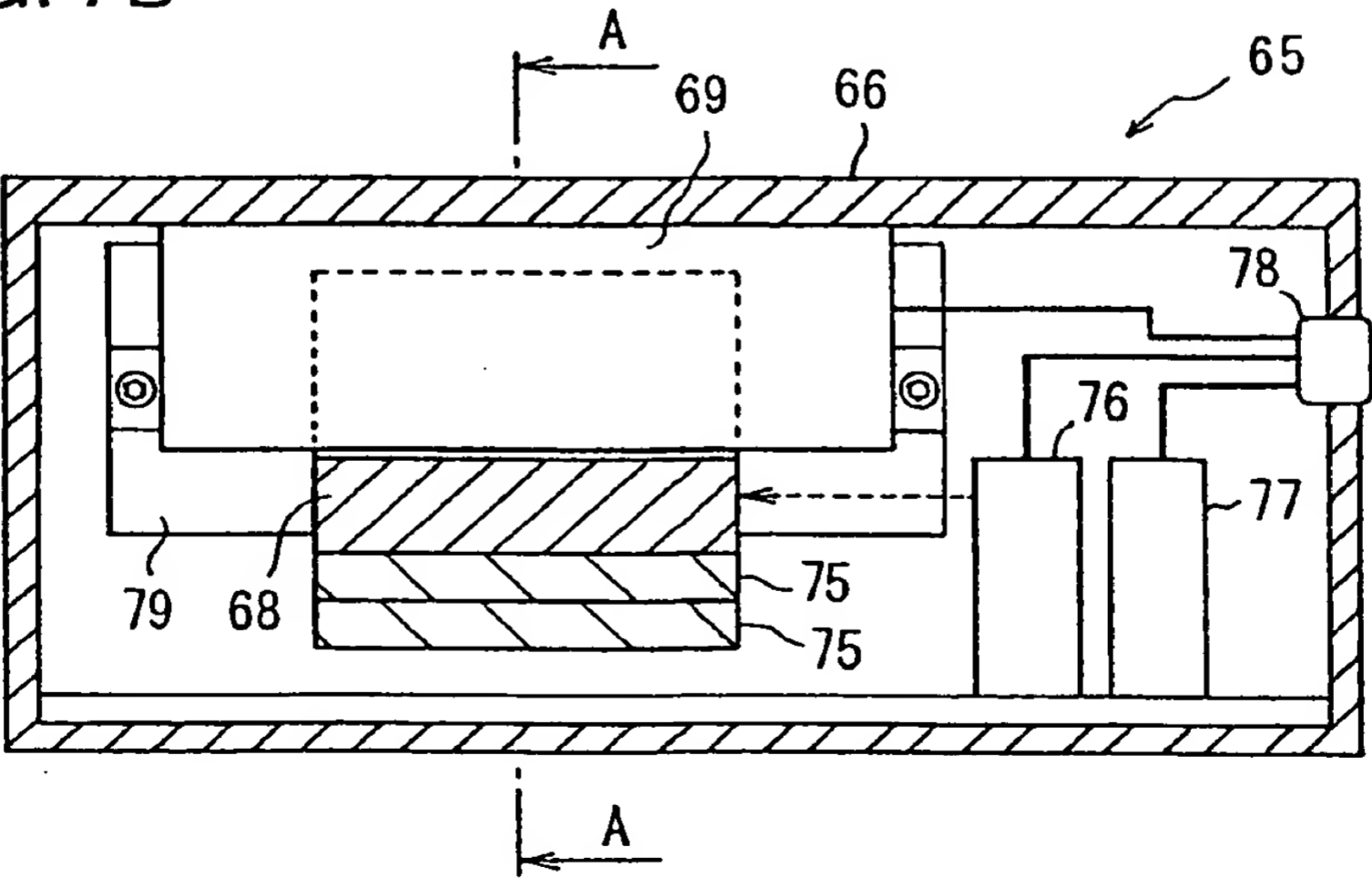


FIG. 8A

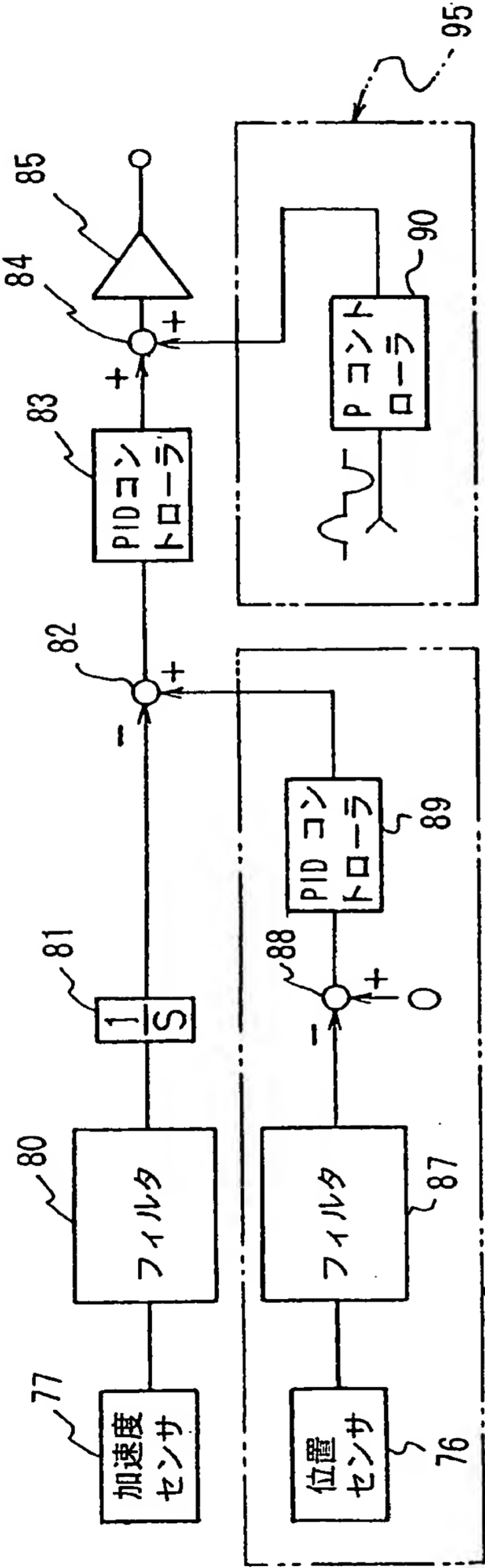


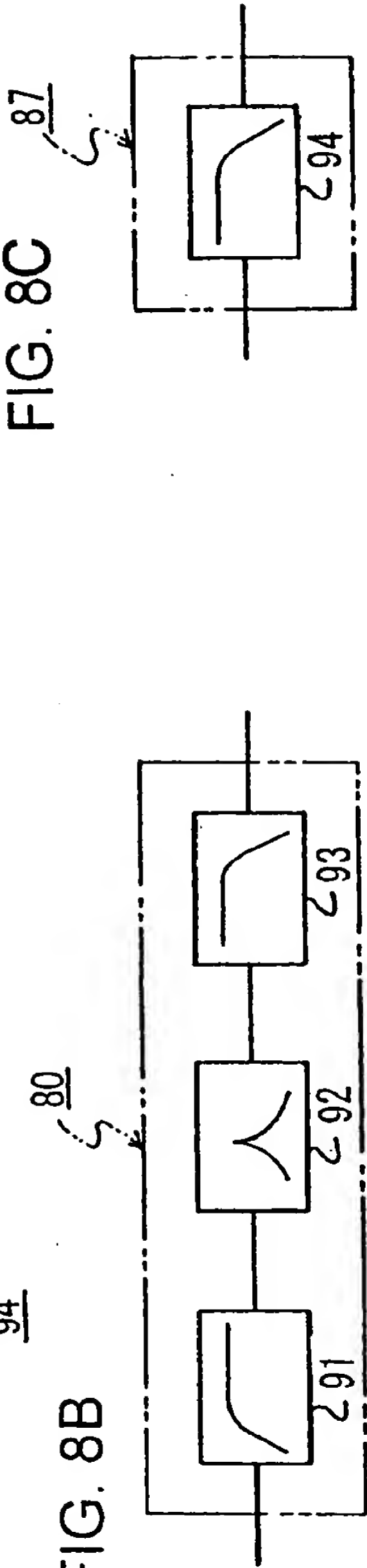
FIG. 8C

87

80

94

FIG. 8B



87

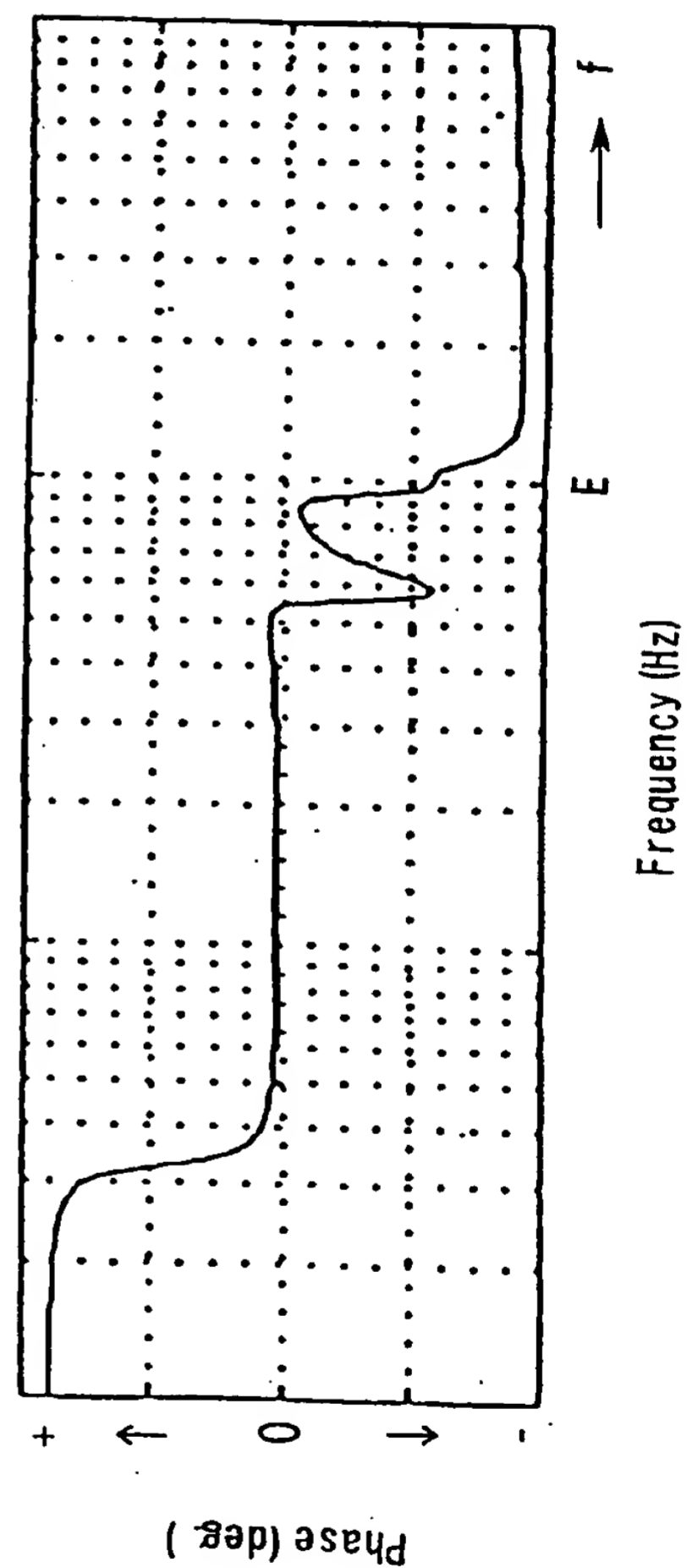
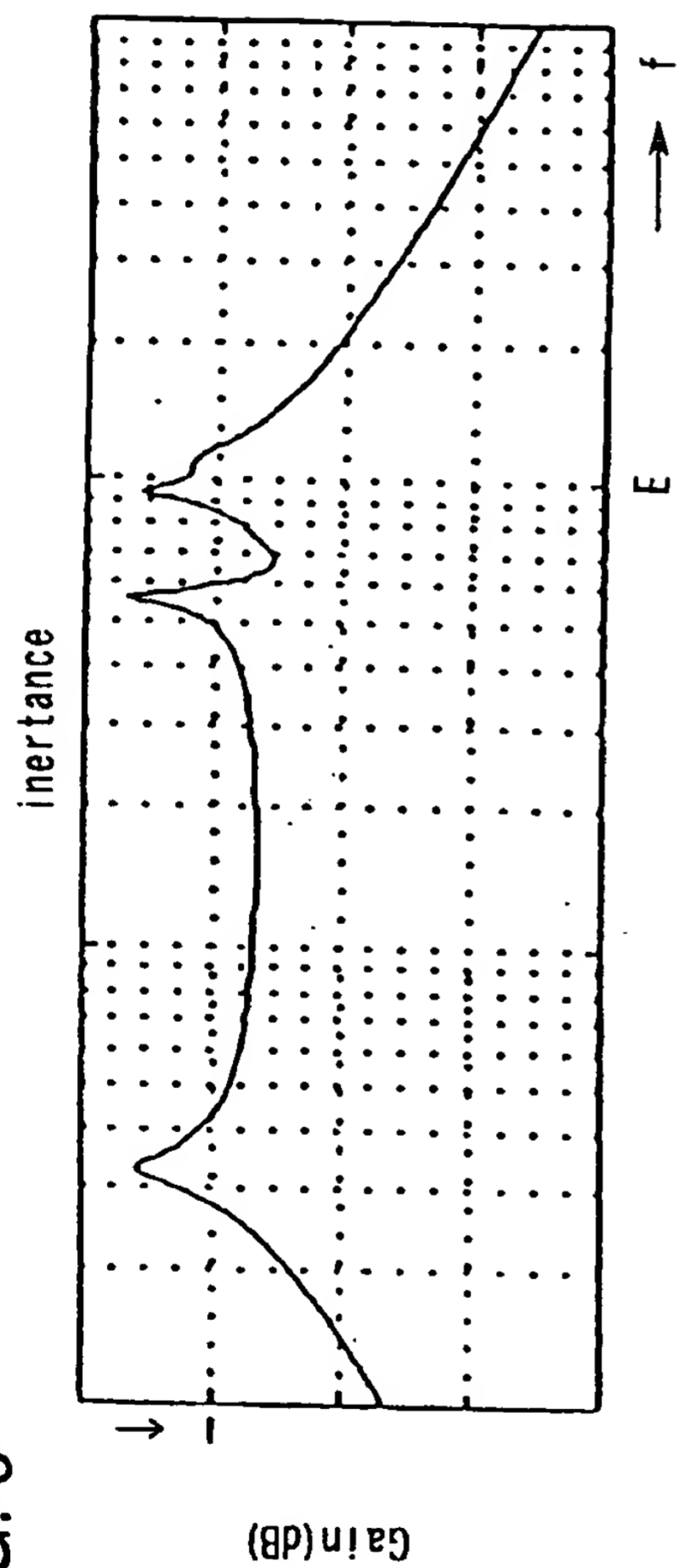
80

94

FIG. 8B

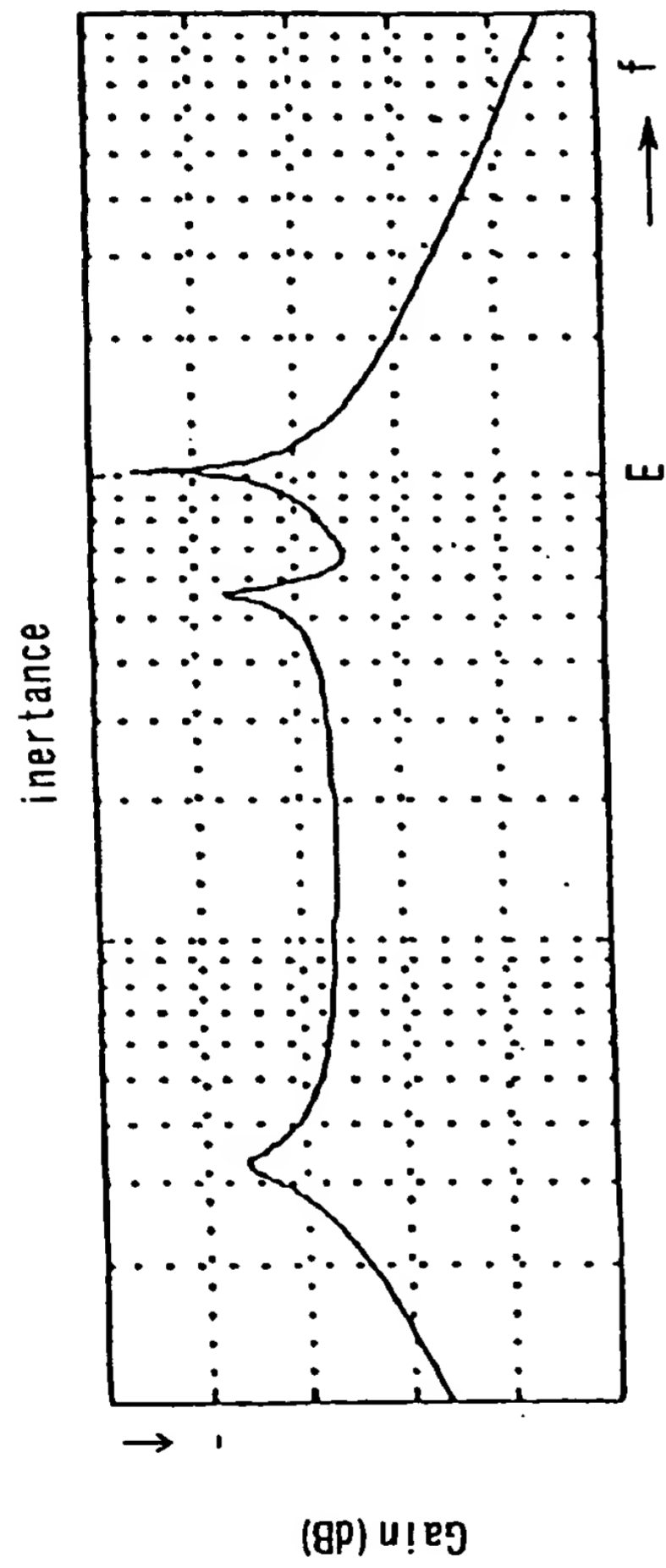
9/16

FIG. 9

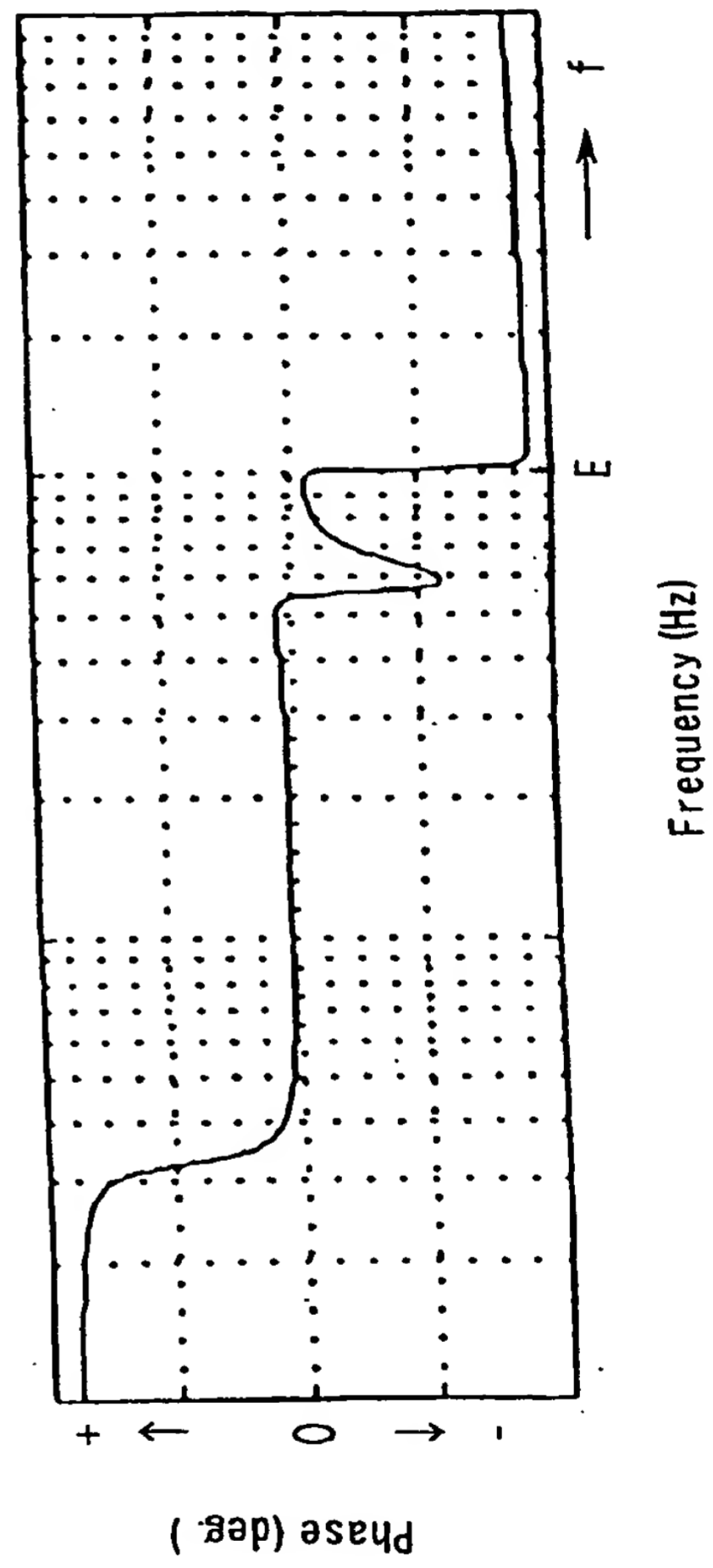


10/16

FIG. 10



Frequency (Hz)



Frequency (Hz)

FIG. 11A

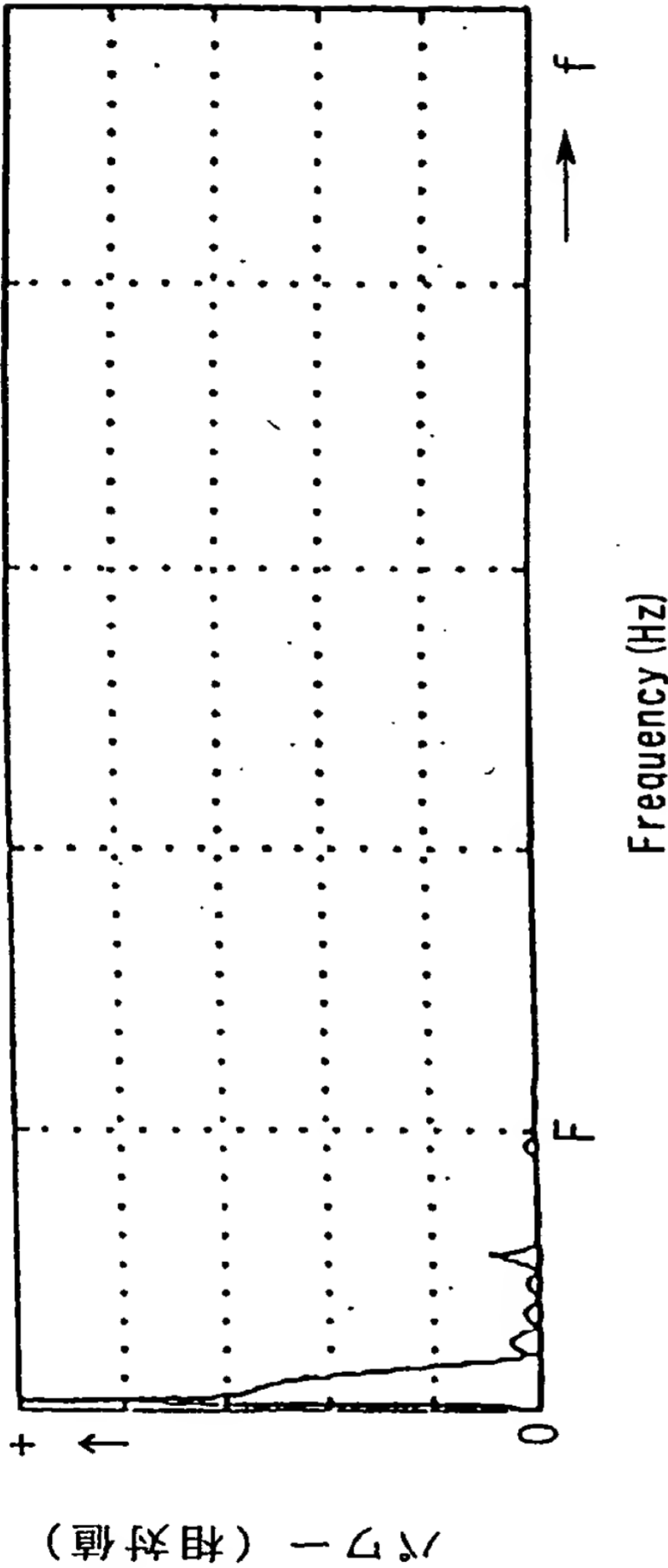
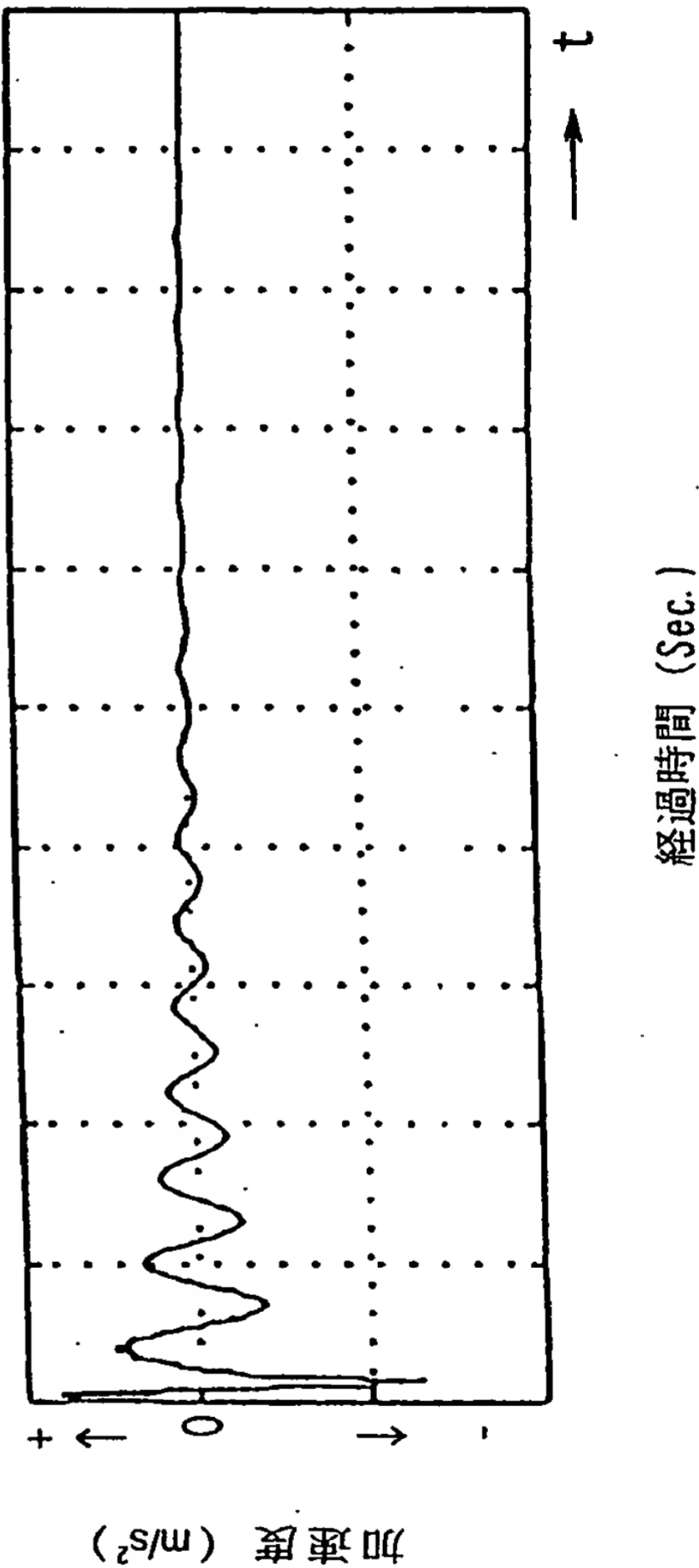


FIG. 11B



12/16

FIG. 12A

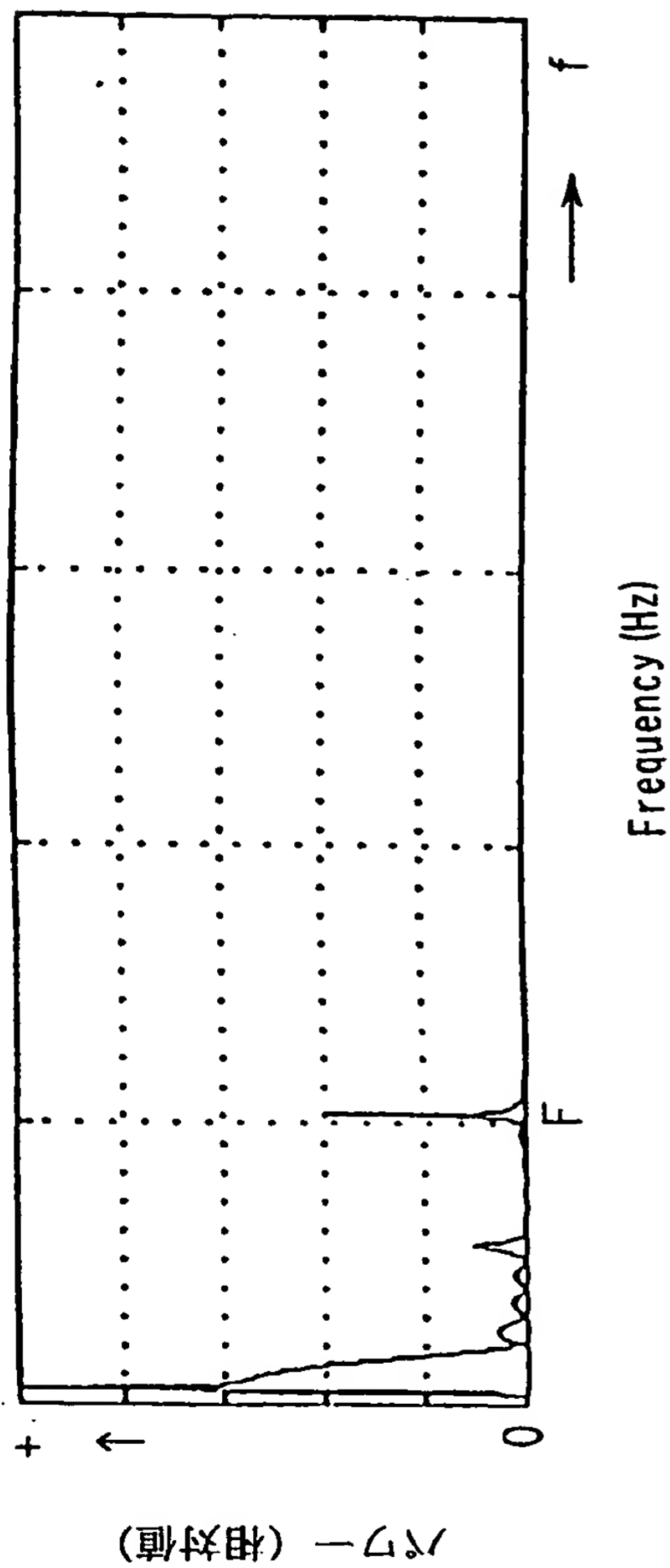
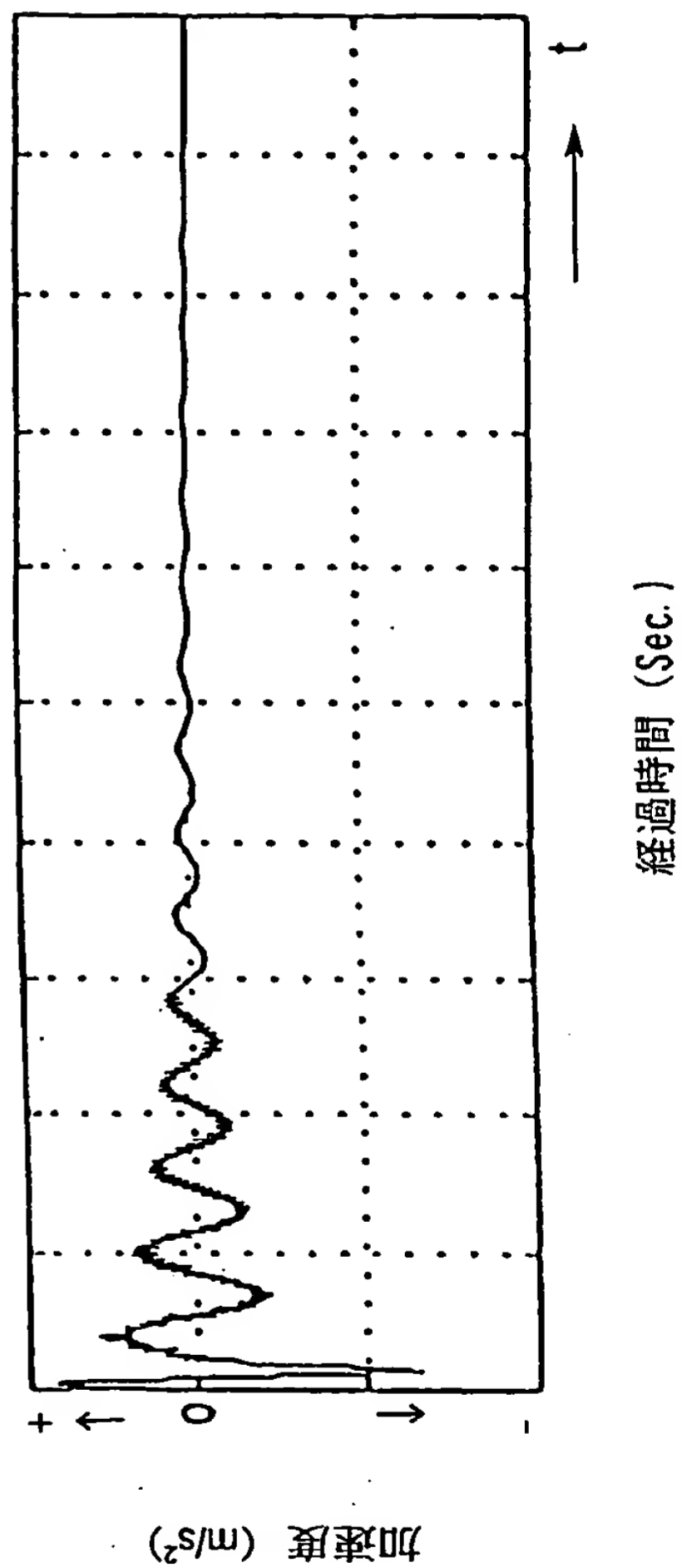
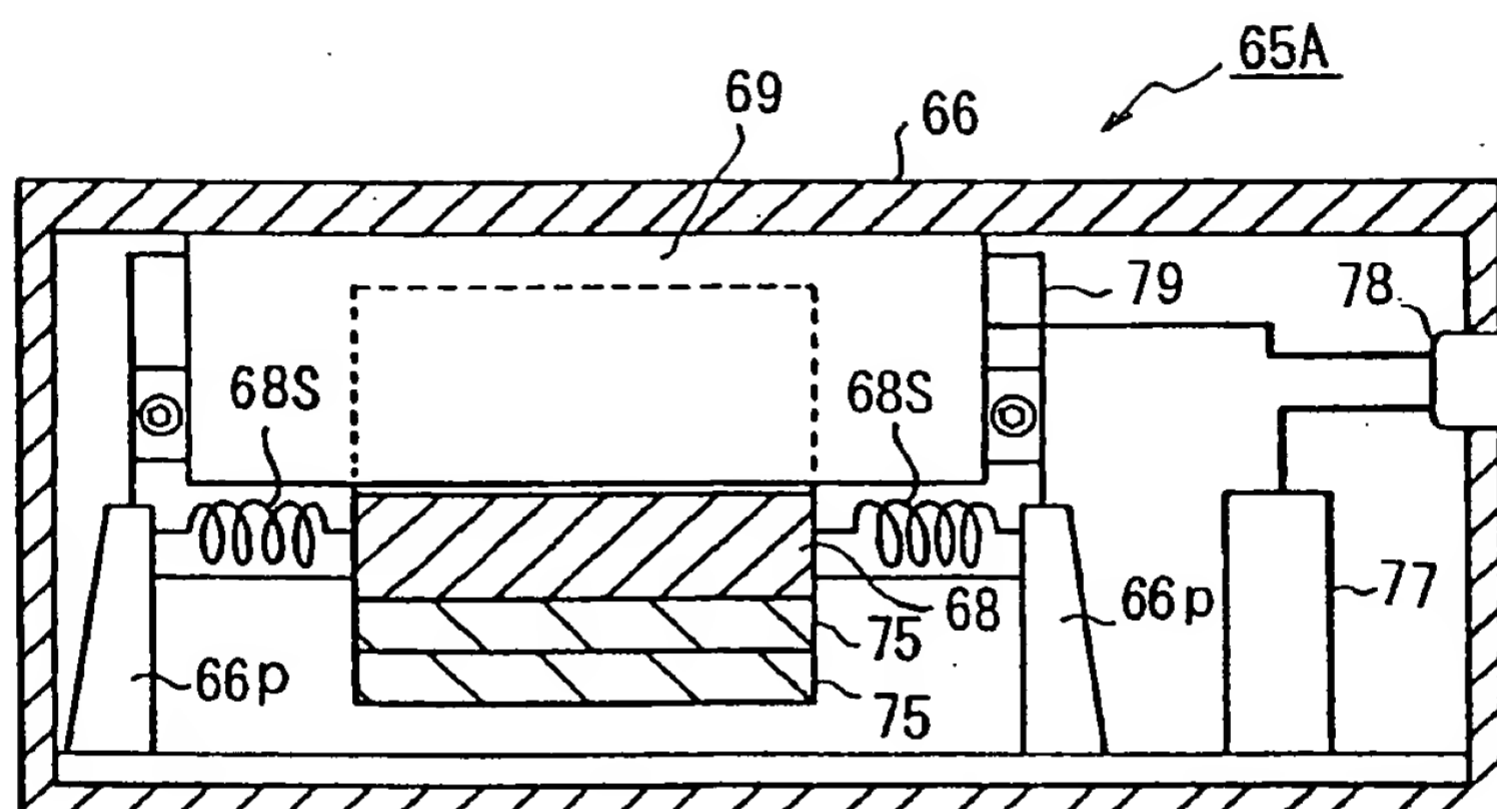


FIG. 12B



13/16

FIG. 13



14/16

FIG. 14A

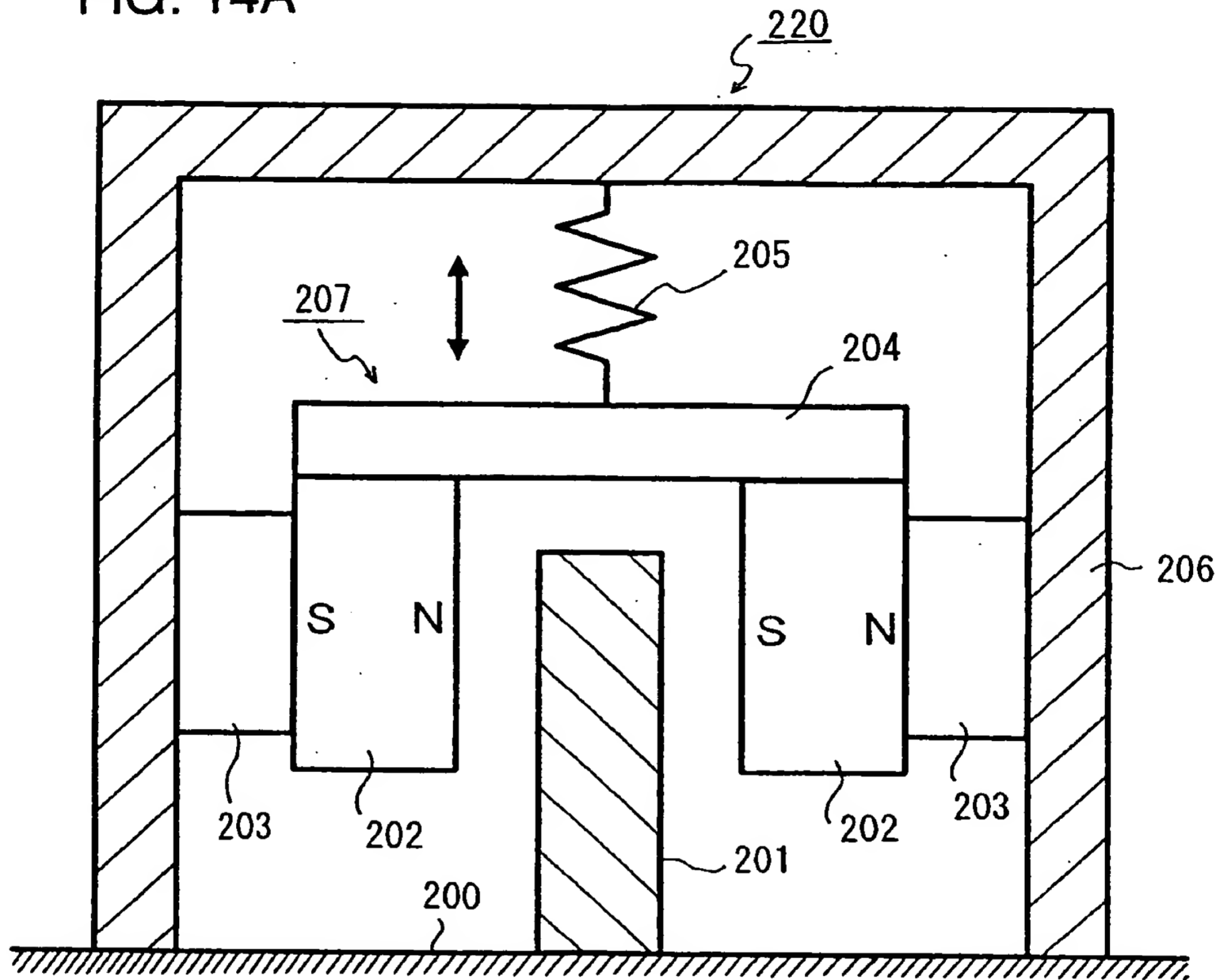
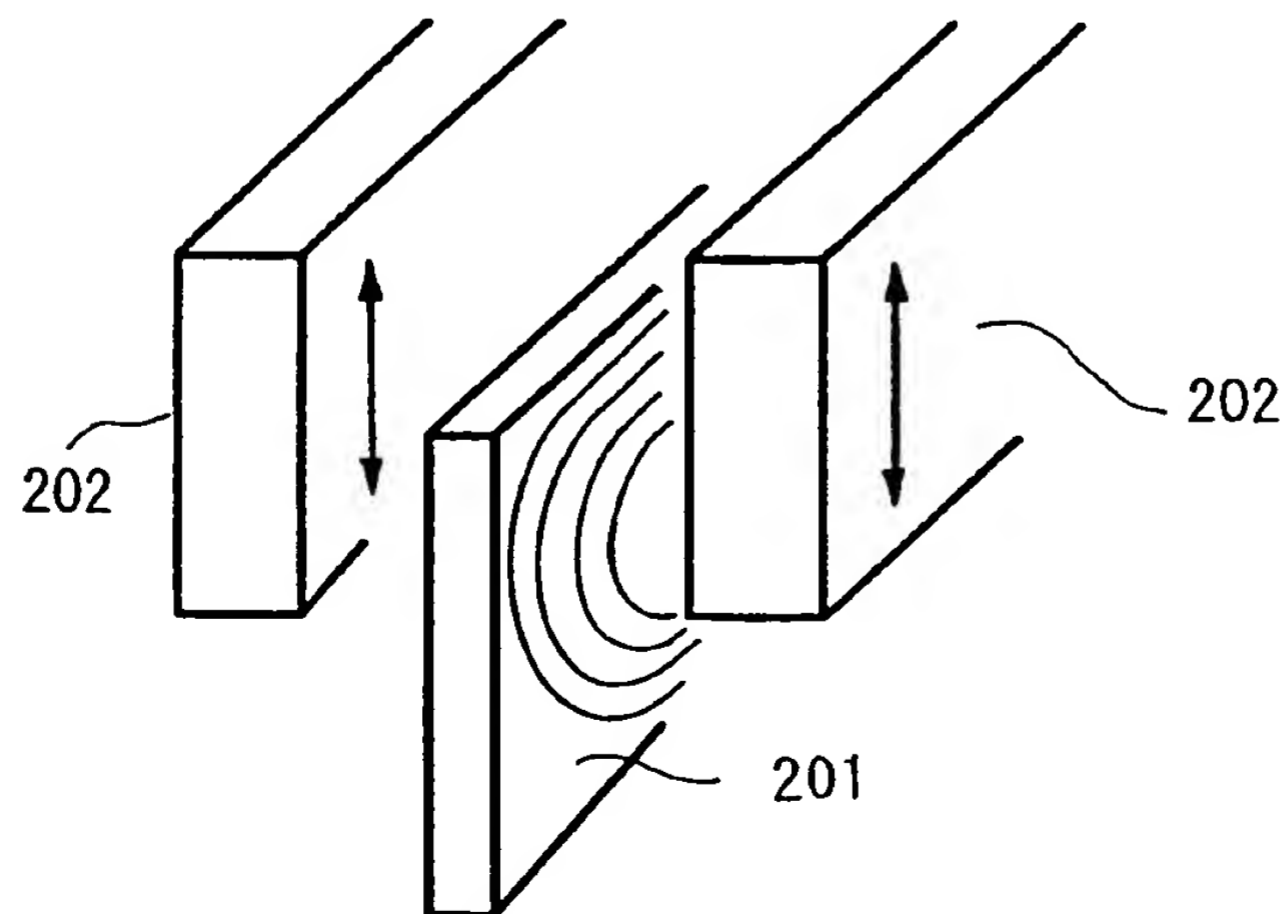


FIG. 14B



15/16

FIG. 15A

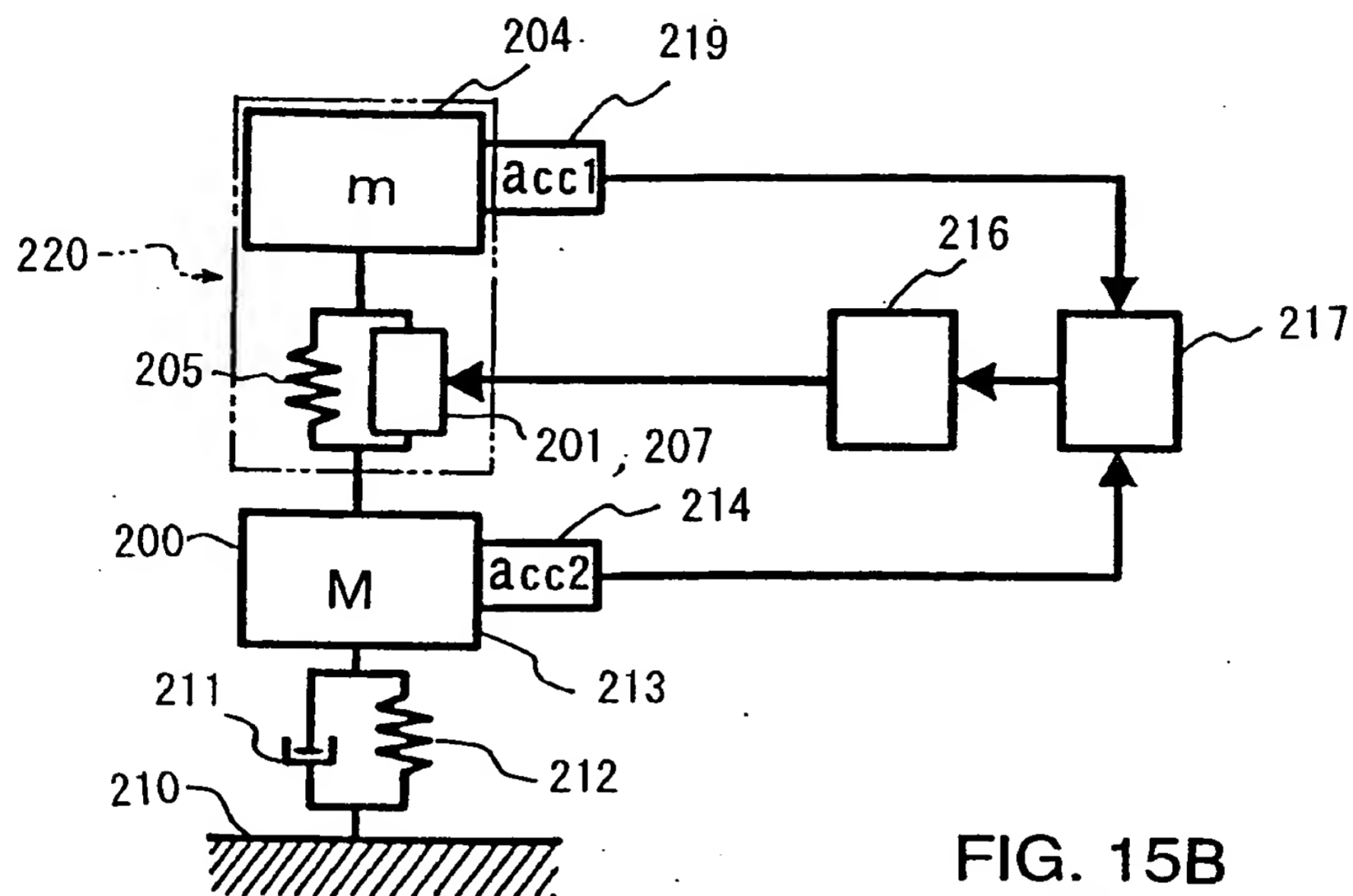


FIG. 15B

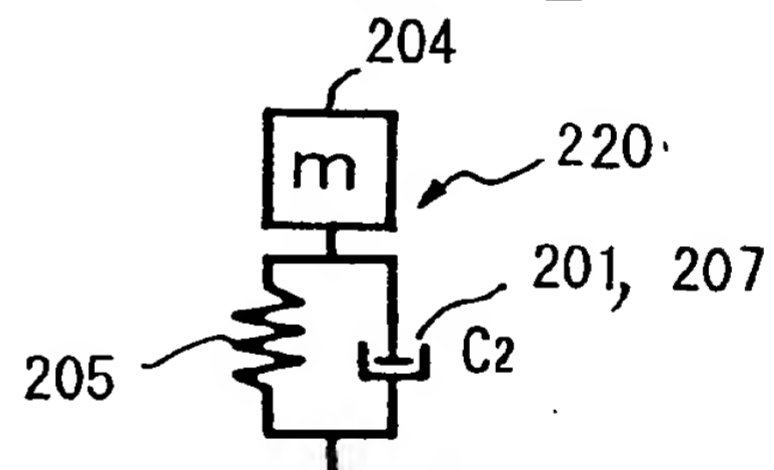


FIG. 15C

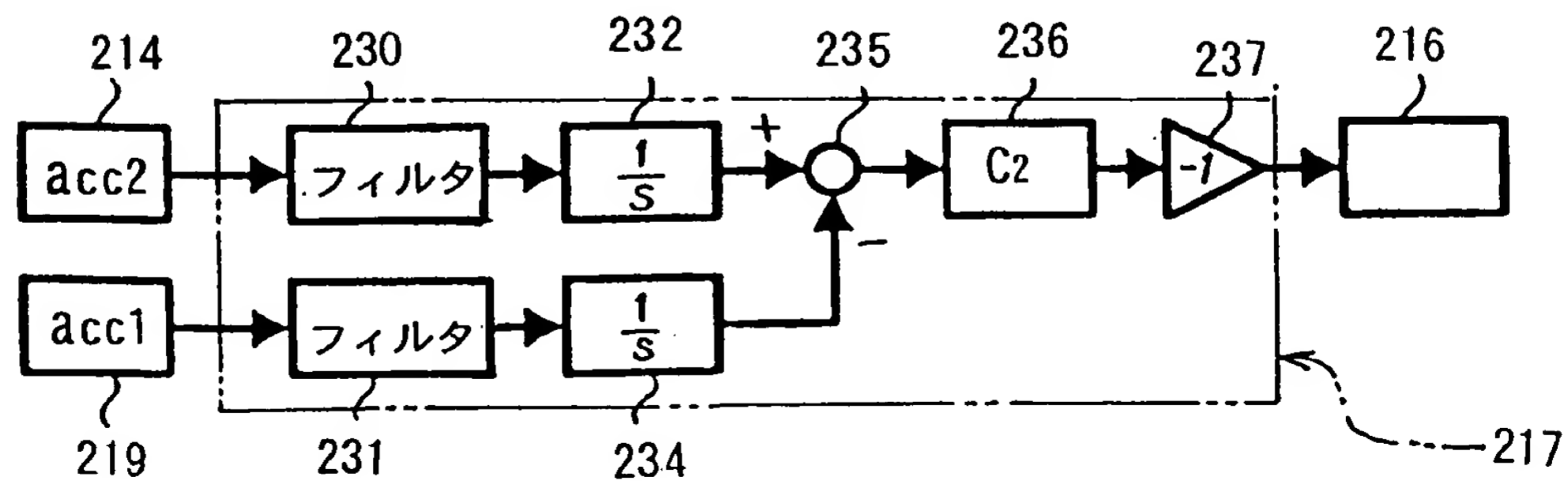
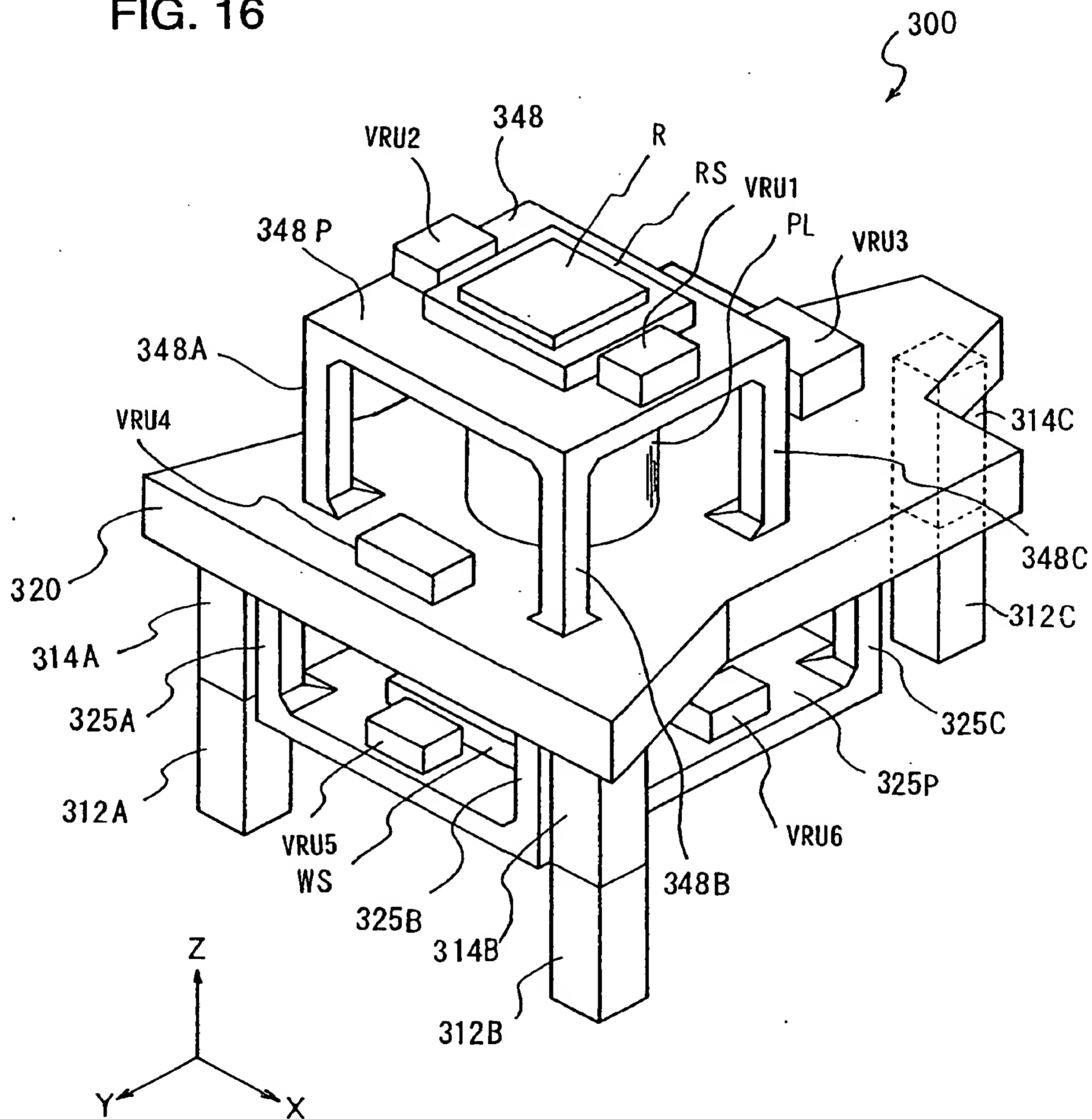


FIG. 16



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/01886

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>6</sup> F16F15/02, H01L21/027, G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>6</sup> F16F15/02, H01L21/027, G03F7/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-1999
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-1999	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 06-58014, A (Kayaba Industry Co., Ltd.),	1
Y	1 March, 1994 (01. 03. 94) (Family: none)	2-24
X	JP, 06-33638, A (Obayashi Corp.),	1
Y	8 February, 1994 (08. 02. 94) (Family: none)	2-24
X	JP, 62-219635, A (Hitachi, Ltd.),	1, 2
Y	26 September, 1987 (26. 09. 87) (Family: none)	3-24
Y	JP, 09-199402, A (Canon Inc.),	3-24
	31 July, 1997 (31. 07. 97) (Family: none)	
Y	JP, 05-106682, A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.),	5-24
	27 April, 1993 (27. 04. 93) (Family: none)	
Y	JP, 01-111683, A (Mitsubishi Electric Corp.),	8, 9, 13, 14,
	28 April, 1989 (28. 04. 89) (Family: none)	22, 23
A	JP, 08-148412, A (Nikon Corp.),	1-24
	7 June, 1996 (07. 06. 96) (Family: none)	

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
6 July, 1999 (06. 07. 99)Date of mailing of the international search report  
21 July, 1999 (21. 07. 99)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 99/01886

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>6</sup> F16F15/02、H01L21/027、G03F7/20		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>6</sup> F16F15/02、H01L21/027、G03F7/20		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1926-1996年		
日本国公開実用新案公報 1971-1999年		
日本国登録実用新案公報 1994-1999年		
日本国実用新案登録公報 1996-1999年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	J P、06-58014、A (カバヤ工業株式会社)、1. 3 月. 1994 (01. 03. 94)、(ファミリーなし)	1 2-24
X Y	J P、06-33638、A (株式会社大林組)、8. 2月. 1 994 (08. 02. 94)、(ファミリーなし)	1 2-24
X Y	J P、62-219635、A (株式会社日立製作所)、26. 9月. 1987 (26. 09. 87)、(ファミリーなし)	1, 2 3-24
Y	J P、09-199402、A (キャノン株式会社)、31. 7 月. 1997 (31. 07. 97)、(ファミリーなし)	3-24
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー		
「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの		
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの		
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)		
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		
の日の後に公表された文献		
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの		
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの		
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの		
「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	06. 07. 99	国際調査報告の発送日
		21.07.99
国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官 (権限のある職員)	3W 8919
日本国特許庁 (ISA/J P)	藤原 直欣	印
郵便番号100-8915	電話番号 03-3581-1101	内線 3366
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P、05-106682、A (三菱重工業株式会社)、27. 4月、1993 (27. 04. 93)、(ファミリーなし)	5-24
Y	J P、01-111683、A (三菱電機株式会社)、28. 4 月、1989 (28. 04. 89)、(ファミリーなし)	8、9、 13、14、 22、23
A	J P、08-148412、A (株式会社ニコン)、7. 6月. 1996 (07. 06. 96)、(ファミリーなし)	1-24

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**